

ЛИТЕРАТУРА

1. Abul, K. Cellular and Molecular Immunology / K. Abul [et al.]. // Elsevier. – 2014. – №8. – P. 63-96.
2. Agita, A. Inflammation, Immunity, and Hypertension / A. Agita // Acta Med Indones. – 2017. – №2. – P. 158-165.
3. Bikash, R. Structure of fish Toll-like receptors (TLR) and NOD-like receptors (NLR) / R. Bikash // Elsevier. – 2020. – №161. – P. 1602-1617.
4. Brown, J. What is the role of white blood cells in the inflammatory response? / J. Brown // The knowledge burrow. – 2020. – №4. – P. 20-23.
5. McKinnon, K. Flow Cytometry: An Overview / K. McKinnon // Curr Protoc Immunol. – 2019. – №120. – P. 1-16.
6. Payne-Tobin, A. Designing a rigorous microscopy experiment: Validating methods and avoiding bias/ A. Payne-Tobin [et al.]. // Journal of Cell Biology. – 2019. – №218. – P. 1452-1466.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ

ON THE ISSUE OF ASSESSING THE POTENTIAL RISK TO HEALTH WHEN USING POLYMER-BASED CONSTRUCTION FINISHING MATERIALS

Р. В. Богданов, А. А. Евтерева, В. М. Василькевич, Л. М. Бондаренко
R. Bogdanov, A. Yeutserava, V. Vasilkevich, L. Bondarenko

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь
promtox@rspch.by*

*Republican unitary enterprise «Scientific practical centre of hygiene,
Minsk, Republic of Belarus*

В сфере строительства широко используются полимерные и полимерсодержащие материалы для отделки помещений, которые могут изменять качество внутренней среды помещений и негативно влиять на здоровье людей. Наше исследование, основанное на собственных санитарно-химических испытаниях, показывает, что полимерная продукция может стать источником многокомпонентного загрязнения воздуха в помещениях. Особенно, при использовании лакокрасочных материалов на органической основе, отделочных материалов на основе полистирола и поливинилхлорида, при этом выделение формальдегида может служить индикатором уровня загрязнения воздуха. При оценке потенциального риска для здоровья населения, связанного с суммарной эмиссией химических веществ, мы определили, что качество воздуха в помещениях, где используются изученные полимерные материалы для отделки, соответствует приемлемому уровню риска для здоровья населения.

In the construction industry, polymer and polymer-containing materials are widely used for finishing premises, which can change the quality of the internal environment of premises and negatively affect people's health due to the release of harmful chemicals. Our research, based on our own sanitary and chemical tests of polymer products, shows that such materials can become sources of multi-component indoor air pollution. Especially when using various organic-based paints and varnishes, finishing materials based on polystyrene and polyvinyl chloride, the release of formaldehyde can serve as an indicator of the level of indoor air pollution. When assessing the potential risk to public health associated with the total emission of chemicals, we determined that the air quality in premises where these polymer finishing materials are used corresponds to an acceptable level of risk to public health.

Ключевые слова: полимерные материалы, полимерсодержащие материалы, оценка риска, потенциальный риск, химические вещества, эмиссия.

Keywords: polymer materials, polymer-containing materials, risk assessment, potential risk, chemicals, emissions.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-1-215-218>

Качество воздушной среды в жилых помещениях является важным фактором риска для здоровья человека, и это обусловлено несколькими ключевыми аспектами. Прежде всего, недостаточный естественный воздухообмен в закрытых пространствах способствует накоплению вредных веществ внутри помещений. Кроме того, жилая среда подвержена постоянному поступлению различных химических соединений из различных источников, что дополнительно увеличивает потенциальный риск. Наконец, длительность и стабильность химического со-

става воздуха в помещениях играют важное значение, поскольку могут оказывать влияние на здоровье в течение продолжительного времени.

Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, применяемые в современном строительстве и ремонте, представляют собой объекты повышенного интереса в контексте их потенциального влияния на внутреннюю среду помещений и здоровье людей. Среди их преимуществ выделяют высокую функциональность, эстетичный внешний вид, прочность и устойчивость к воздействию внешних факторов. Однако, с позиции потенциального риска для здоровья населения следует учитывать возможность выделения различных вредных химических соединений со временем из полимерных материалов, таких как остаточные мономеры, пластификаторы, стабилизаторы и антиоксиданты, которые могут выделяться в окружающую среду [1, 2].

Под воздействием факторов, таких как тепло, свет и влага, полимерные строительные материалы подвергаются процессам деградации, что может привести к образованию и эмиссии различных химических веществ. Эти выделения могут оказывать негативное воздействие на качество внутренней среды помещений и, в конечном итоге, на здоровье людей, пребывающих в этих помещениях [3].

Среди вредных химических веществ, выделяющихся из полимерных материалов, следует отметить летучие органические соединения, такие как бензол, формальдегид, толуол, винилбензол и другие. Даже при низких концентрациях данные вещества могут вызывать аллергические реакции, а при продолжительном воздействии могут негативно влиять на организм.

Учитывая вышеизложенное, эффективным подходом снижения загрязнения воздушной среды в помещениях является использование материалов с низкой миграцией летучих органических соединений, при этом необходимо проводить оценку потенциального риска для здоровья населения на стадии выбора строительных материалов, что позволит выбрать более безопасные варианты и минимизировать потенциальные риски для здоровья населения.

Цель исследования заключалась в проведении оценки потенциального риска воздействия на здоровье при совместном выделении химических веществ из различных полимерных и полимерсодержащих строительных отделочных материалов.

В ходе эксперимента проведен анализ состава и областей применения более 20 образцов отделочных строительных материалов на полимерной основе отечественного и зарубежного производства, предназначенных для облицовки потолков, стен и полов. Среди них: материалы на основе водо- и органорастворимых акриловых лакокрасочных составов для отделки потолков, материалы на основе полистирола (обои) для отделки стен; полимерных материалов на основе поливинилхлорида (линолеум) для отделки полов помещений.

Миграцию химических веществ из этих отделочных материалов изучали в климатической камере объемом 0,120 м³. Испытания проводились в динамическом режиме при температуре $40 \pm 0,5$ °C и относительной влажности 30–65 % при постоянной кратности воздухообмена $0,5 \pm 0,05$ объема/час. Параллельно проводился отбор контрольной пробы воздуха из камеры без материалов. Концентрацию химических веществ в воздухе климатической камеры определяли соответствующими аттестованными методиками измерения контролируемых веществ. Для определения миграции химических веществ использовались газохроматографические и фотометрические методы, при этом учитывалась эмиссионная способность материалов, требования к чувствительности и специфичности методик, а также возможность одновременного определения нескольких веществ. Размеры образцов для исследований определялись исходя из соотношения площади поверхности материала к объему климатической камеры: для потолков – 0,4 м²/м³, для стен – 0,6 м²/м³ и для полов – 0,4 м²/м³. В ходе исследования была выявлена эмиссия более чем 20 химических веществ, включая акрилонитрил, стирол, формальдегид, метилметакрилат, дибутилфталат, диоктилфталат, метанол, бутилацетат, метилацетат, ацетон, этилацетат, пропанол, изопропанол, бутанол, изобутанол, ацетальдегид, фталевый ангидрид, бензол, толуол, ксилолы, этилбензол, альфа-метилстирол, метилакрилат, метилметакрилат, этиленгликоль, винилацетат, фенол, бензальдегид, изопропилбензол, и уксусная кислота.

После измерения уровня концентрации химических веществ была проведена комплексная оценка опасности загрязнения на основе общей эмиссии мигрирующих химических соединений с использованием коэффициента суммарной миграции химических веществ (K_c). Анализ проводился с учетом класса опасности каждого полимерного материала.

После определения уровня концентраций химических веществ проводили интегральную оценку опасности загрязнения по суммарной эмиссии мигрирующих химических веществ по коэффициенту суммарной миграции химических веществ (K_c) с учетом класса опасности по каждому полимерному материалу по формуле (1)

$$K_c = \sum_{n=1}^n \frac{C}{ПДК} \times a, \quad (1)$$

где K_c – коэффициент суммарной миграции химических веществ из изучаемого материала;

C – концентрация химического вещества в воздухе климатической камеры (мкг/м³);

ПДК – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в атмосферном воздухе (мкг/м³);

a – коэффициент изoeffективности, определяемый классом опасности химических веществ: 1 класс опасности – 2,0; 2 класс опасности – 1,5; 3 класс опасности – 1,0; 4 класс опасности – 0,8.

Для комплексной оценки риска загрязнения воздушной среды в помещениях была использована предельно допустимая среднесуточная концентрация химических веществ в атмосферном воздухе. Оценка риска, связанного с одновременным выделением нескольких химических веществ из различных исследуемых материалов, проводилась с использованием комплексного показателя «R», рассчитываемого по формуле (2).

$$R_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_{ci}^2 \times b_i}, \quad (2)$$

где: R_i – комплексный показатель оценки потенциального риска;

K_c – коэффициент суммарной миграции химических веществ каждого материала;

b_i – отношение площади поверхности каждого изученного материала, выделяющего летучие органические вещества, к рабочему объему камеры.

Потенциальный риск для здоровья оценивали в зависимости от количества исследованных полимерных и полимерсодержащих строительных материалов [5], величины показателя « R_i » и по градации риска: приемлемый риск, удовлетворительный риск, неудовлетворительный риск, опасный риск (таблица 1).

Таблица 1

Комплексный показатель потенциального риска « R_i »

Оценка потенциального риска	Комплексный показатель потенциального риска « R_i » в соответствии с количеством исследованных полимерных материалов, ед.				
	2	3	4	5	> 6
Приемлемый риск	до 6,0	до 7,0	до 8,0	до 9,0	до 10,0
Удовлетворительный риск	6,1-10,0	7,1-11,0	8,1-12,0	9,1-13,0	10,1-14,0
Неудовлетворительный риск	10,1-15,0	11,1-16,0	12,1-17,0	13,1-18,0	14,1-19,0
Опасный риск	15,1 и выше	16,1 и выше	17,1 и выше	18,1 и выше	19,1 и выше

Для анализа данных применялись методы многофакторного анализа в соответствии с принципами статистической вариационной обработки, с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel и STATISTICA 13. Проверка анализируемых данных на соответствие нормальному распределению осуществлялась с применением критерия Шапиро-Уилка. При описании результатов использовались показатели, представленные в виде медианы (Me) и межквартильного интервала ($Q_{25} - Q_{75}$). Статистическая значимость различий между сравниваемыми группами считалась при уровне значимости $p < 0,05$.

Анализ результатов показал, что во всех изученных полимерных и полимерсодержащих строительных отделочных материалах на основе водо- и органорастворимых акриловых лакокрасочных материалов, полистирола и поливинилхлорида обнаружена миграция формальдегида. Концентрации формальдегида составили от 0,003 до 0,01 мг/м³ в материалах для отделки потолка, с медианным значением 0,008 мг/м³ (межквартильный интервал: 0,004; 0,01 мг/м³); от 0,0022 до 0,01 мг/м³ в материалах для отделки стен, с медианным значением 0,007 мг/м³ (межквартильный интервал: 0,006; 0,008 мг/м³); и от 0,005 до 0,01 мг/м³ в материалах для отделки пола, с медианным значением 0,007 мг/м³ (межквартильный интервал: 0,005; 0,01 мг/м³). Обнаруженные концентрации формальдегида соответствовали гигиеническим нормам для указанных видов полимерных материалов [5].

Анализ санитарно-химических результатов исследований полистирольных строительных отделочных материалов показал, что помимо миграции формальдегида, наблюдалась эмиссия стирола на уровне 0,001 мг/м³.

Выполненный анализ концентраций химических веществ в воздушной среде, выделяющихся из строительных отделочных материалов на основе поливинилхлорида, показал присутствие миграции формальдегида, на уровне 0,007 мг/м³ (межквартильный интервал: 0,005; 0,01 мг/м³). Кроме того, выявлена эмиссия углеводородов ароматического ряда, включая ксилолы, на уровне 0,06 мг/м³ (межквартильный интервал: 0,029; 0,083 мг/м³).

В результате проведенных санитарно-химических исследований воздушной среды при испытаниях полимерных материалов в стандартных условиях установлено, что исследуемые материалы являются источником миграции ряда химических соединений, включая формальдегид, стирол и ксилолы. Концентрации данных веществ для каждого из отделочного материала были ниже установленных гигиенических нормативов.

На основе классификации опасности химических веществ, согласно которой формальдегид и стирол отнесены ко 2-му классу опасности, а ксилолы – к 3-му, проведен исследовательский анализ суммарной миграции данных веществ из строительных отделочных материалов.

Результаты расчета коэффициентов суммарной миграции (K_c) являются весьма значимыми для оценки потенциального риска для здоровья человека при воздействия вредных веществ. Для полимерных материалов, предназначенных для отделки потолка, коэффициент миграции составил 0,66, для отделки стен – 1,07, а для отделки пола – 0,03. Данные свидетельствуют о различной степени риска, связанного с миграцией химических веществ в воздушную среду, в зависимости от типа отделочного материала и его назначения. Результат анализа по комплексному показателю оценки потенциального риска (R_i) для исследованных материалов составил 1,1, что характеризуется приемлемым риском для здоровья населения и не требует проведения корректирующих мероприятий по выбору иных строительных отделочных материалов.

Таким образом, полимерные и полимерсодержащие строительные отделочные материалы представляют собой потенциальные источники формирования многокомпонентного загрязнения воздушной среды помещений. Для материалов, основанных на водо- и органорастворимых акриловых лакокрасочных материалах, полистирольной и поливинилхлоридной основе, формальдегид может выступать в качестве индикаторного загрязнителя воздушной среды при совместном использовании различных полимерных материалов, определение которого позволяет оценить качества воздуха в помещениях.

Комплексный показатель оценки потенциального риска при суммарной эмиссии химических веществ представляет собой важный гигиенический критерий для оценки опасности для здоровья, связанной с использованием полимерных и полимерсодержащих строительных материалов на этапе планирования отделки помещений в процессах строительства, реконструкции и модернизации.

Качество воздушной среды при использовании изученных полимерных материалов на основе водо- и органорастворимых акриловых лакокрасочных материалов, полистирола и поливинилхлорида соответствует приемлемому уровню риска для здоровья населения, что подтверждается значением комплексного показателя R_p , равным 1,1. Это говорит о том, что не требуется проведение дополнительных корректирующих мероприятий для поддержания безопасности воздушной среды в помещениях, где используются указанные строительные материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышева, А. Г. Химическое загрязнение воздушной среды жилых помещений как фактор риска здоровью населения / А. Г. Малышева, Н. В. Калинина, С. М. Юдин // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 72–82.
2. 13. Губернский, Ю. Д. Актуальные вопросы гигиены жилой среды и пути их решения / Ю. Д. Губернский, Н. В. Калинина // Гигиена и санитария. – 2007. – № 5. – С. 8–10.
3. Василькевич, В. М. Изучение эмиссии химических веществ из полимерных отделочно-интерьерных материалов при различных температурных условиях моделирования / В. М. Василькевич, Л. В. Половинкин, Т. П. Крымская // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены ; гл. ред. Г. Е. Косяченко. – Минск, 2013. – Вып. 22. – С. 152–160.
4. Метод оценки потенциального риска здоровью населения при воздействии химических веществ в условиях использования совокупности полимерных и полимерсодержащих строительных отделочных материалов : инструкция по применению, рег. № 046-0622 : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 26.08.2022. – Минск, 2022. – С. 12.
5. Требования к полимерным и полимерсодержащим строительным материалам и мебели : утв. Решением Комис. тамож. союза 28 мая 2010 г. № 299 // Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – Гл. II, разд. 6. – С. 720–730.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНО БЕЗОПАСНОГО УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИПРОДИОНА – ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

DETERMINATION OF THE APPROXIMATE SAFE LEVEL OF EXPOSURE TO IPRODIONE, THE ACTIVE INGREDIENT OF THE PLANT PROTECTION AGENT, IN THE ATMOSPHERIC AIR OF POPULATED AREAS

С. Ю. Петрова, С. Н. Камлюк, И. И. Ильюкова, Т. Н. Гомолко
S. Petrova, S. Kamliuk, I. Iliyko, T. Gomolko

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
Минск, Республика Беларусь
toxlab@mail.ru*

*Republican unitary enterprise «Scientific practical centre of hygiene»,
Minsk, Republic of Belarus*

Приведена токсиколого-гигиеническая характеристика ипродиона – действующего вещества ряда препаративных форм пестицидных составов, применяемых в аграрном секторе Республики Беларусь. Представлено обоснование гигиенического норматива, регулирующего уровень содержания ипродиона в атмосферном воздухе населенных мест. Определение ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ) для действующего вещества ипродиона в атмосферном воздухе населенных мест проводили расчетным путем. Рекомендуемое значение ОБУВ ипродиона в атмосферном воздухе, полученное расчетным путем, составило