22.05.2002. No. 91.

3. Law of Ukraine "On ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population" No. 4004-XII dated February 24, 1994 / Revision No. 77-VIII dated December 28, 2014 / / Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. 2015. No. 11. P. 75
4. Prokopov V.O. Drinking water of Ukraine: medical-ecological and sanitary-hygienic aspects: monograph / VO Prokopov; for ed. AM Serdiuk K.: VSV "Medicine", 2016. 400 p.
5. On approval of the State sanitary norms and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" 2.2.4-171- 10. Order of the Ministry of Health of Ukraine of May 12, 2010 N 400. Registered with the Ministry of Justice of Ukraine 1 July 2010 for N 452/17747.
6. Water supply of Ukraine with groundwater and population health G.I. Rudko O.V. Netski / In the book Medico-hydrogeochemical factors of the geological environment of Ukraine. Ed. GI Rudko.- Kiev — Chernivtsi: Bukrek. 2015. P. 169-356.
7. The Law of Ukraine "On the National Program" Drinking Water of Ukraine for 2006-2020 "No. 2455-IV of 03/03/2005 // Uriadovy Courier. 13.04.2005. No. 68.

Впервые поступила в редакцию 18.11.2018 г.
Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования

УДК 613.2: 615: 541.6: 656
DOI http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.2525790

НОВІ ПІДХОДИ ДО ТОКСИКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНОЇ РЕГЛАМЕНТАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Третьякова О.В.
ДП Український НДІ медицини транспорту МОЗ України, м. Одеса, helen.tre67@gmail.com

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Третьякова Е.В.
ГП Украинский НИИ медицины транспорта МЗ Украины, г. Одесса helen.tre67@gmail.com

NEW APPROACHES TO TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC REGLAMENTATION OF POLYMERIC MATERIALS APPLICATION FOR TRANSPORT PURPOSES

Tretyakova E.V.
State Enterprise «Ukrainian Research Institute for Medicine of Transport MOH», Ukraine, helen.tre67@gmail.com

Резюме (Summary)

Актуальність теми. Серед 130 000 хімічних речовин і матеріалів, що застосовуються в різних галузях світової економіки, полімерні і синтетичні композиції складають більше 2/3, а їх щорічне виробництво перевищує 300 млн. т. Пріоритетну значимість і специфічну модель для досліджень представляють полімери

транспортного призначення, оскільки ця галузь є системоутворюючою в сучасній економіці і споживає більше 18 % усіх вироблених у світі полімерних матеріалів (ПМ). Насиченість полімерами сучасних транспортних засобів досягає 10 м^2 поверхні полімерів на кожен м^3 повітря приміщень з постійним перебуванням людей. Однак багато гігієнічних аспектів проблеми безпечного застосування ПМ на транспорті вивчені недостатньо.

Мета дослідження — обґрунтування і розробка наукових підходів до системи гігієнічної регламентації ПМ транспортного призначення в штатних умовах експлуатації і при виникненні надзвичайних ситуацій на основі вивчення токсиколого-гігієнічних властивостей і закономірностей міграції в навколишнє середовище сукупності їх компонентів, як в модельних умовах (лабораторні дослідження), так і під час експлуатації транспортних засобів.

Матеріали та методи. Проведено випробування 328 ПМ різних класів, призначених для застосування в автомобілебудуванні, вагонобудуванні, сучасній військовій техніці як конструкційних, декоративно-оздоблювальних, тепло-, шумо-, вібро- і гідроізоляційних, а також кабельної та електротехнічної продукції. 38 матеріалів (11,6 %) за своїми токсиколого-гігієнічних властивостей було відхилено. Дослідження проведені методами газової хроматографії, хромато-мас-спектрометрії та атомної абсорбції, а також з використанням розроблених за участю автора установки і оригінального методу випробувань кабельної продукції на токсичність продуктів горіння. Запропоновано новий показник гігієнічної безпеки полімерного матеріалу (ІПГБ ПМ) з урахуванням гігієнічно значимих співвідношень і насиченості матеріалу в приміщенні транспортного об'єкта з постійним або перманентним перебуванням людей.

Результати. Встановлено закономірності токсікокінетікі, особливості міграції в повітря кабін, салонів, приміщень з постійним перебуванням людей газо-пароаерозольної суміші компонентів, залежність якісних і кількісних показників хімічного забруднення від виду, фізико-хімічних властивостей, насиченості і супутніх умов експлуатації (температура, вологість повітря, вібрація тощо). В натурних хіміко-аналітичних і гігієнічних дослідженнях на об'єктах автомобільного, водного, залізничного та громадського транспорту визначено склад і рівні хімічного забруднення повітря службових, пасажирських і громадських приміщень. Сумарне забруднення залізничних вагонів летючими сполуками оцінюється величиною від 4,2 до 11,8 балів. У відібраних в салонах транспортних засобів зразках пилу (в понад 90 % зразків) виявлені полібромдіфенілефіри (антипірени) і ефіри фталевої кислоти (пластифікатори) в діючих концентраціях.

Висновки. Виявлені в модельних і натурних дослідженнях летючі низькомолекулярні речовини і сполуки (53-х найменувань), що мігрують з ПМ, представляють комплексну систему, якій притаманні певні закономірності токсікокінетіки і токсікодінаміки в залежності від насиченості, подовжених періодів безперервної (протягом доби, неділь і місяців) експозиції, рівнів міграції, співвідношень компонентів. що лежить в основі істотного впливу на характер формування хімічного забруднення в просторово-часових координатах з урахуванням строків експлуатації ПМ, механізмів комбінованої і поєднаної дії в особливих умовах експлуатації на транспортних засобах (підвищена температура, вологість повітря, вібрація, електромагнітне випромінювання тощо). Широкий асортимент матеріалів і різноманітність фізико-хімічних, технологічних, експлуатаційних і небезпечних в гігієнічному плані властивостей ПМ вимагають подальшої стандартизації

методичних підходів, контролю за обмеженнями областей і масштабів застосування, а також наукового обґрунтування і розробки нових вимог до гігієнічної регламентації ПМ транспортного призначення.

Ключові слова*: полімери транспортного призначення, гігієна застосування, токсичні компоненти, міграція, закономірності, гігієнічна регламентація*

Актуальность темы. Среди 130 000 химических веществ и материалов, применяемых в различных отраслях мировой экономики, полимерные и синтетические композиции составляют более 2/3, а их ежегодное производство превышает 300 млн. т. Приоритетную значимость и специфическую модель для исследований представляют полимеры транспортного назначения, поскольку эта отрасль является системообразующей в современной экономике и потребляет более 18 % всех производимых в мире полимерных материалов (ПМ). Насыщенность полимерами современных транспортных средств достигает 10 м^2 поверхности полимеров на каждый м^3 воздуха помещений с постоянным пребыванием людей. Однако многие гигиенических аспекты проблемы безопасного применения ПМ на транспорте изучены недостаточно.

Цель исследования — обоснование и разработка научных подходов к системе гигиенической регламентации ПМ транспортного назначения в штатных условиях эксплуатации и при возникновении чрезвычайных ситуаций на основе изучения токсиколого-гигиенических свойств и закономерностей миграции в окружающую среду совокупности их компонентов, как в модельных условиях (лабораторные исследования), так и во время эксплуатации транспортных средств.

Материалы и методы. Проведены испытания 328 ПМ различных классов, предназначенных для применения в вагоностроении, автомобилестроении, современной военной технике в качестве конструкционных, декоративно-отделочных, тепло-, шумо-, вибро- и гидроизоляционных, а также кабельной и электротехнической продукции. 38 материалов (11,6 %) по своим токсиколого-гигиеническим свойствам было отклонено. Исследования проведены методами газовой хроматографии, хромато-масс-спектрометрии и атомной абсорбции, а также с использованием разработанных с участием автора установки и оригинального метода испытаний кабельной продукции на токсичность продуктов горения. Предложен новый показатель гигиенической безопасности полимерного материала (ИПГБ ПМ) с учетом гигиенично значимых соотношений и насыщенности материала в помещении транспортного объекта с постоянным или перманентным пребыванием людей.

Результаты. Установлены закономерности токсикокинетики, особенности миграции в воздух кабин, салонов, помещений с постоянным нахождением людей газо-паро-аэрозольной смеси компонентов, зависимость качественных и количественных показателей химического загрязнения от вида, физико-химических свойств, насыщенности и сопутствующих условий эксплуатации (температура, влажность воздуха, вибрация и т.д.). В натурных химико-аналитических и гигиенических исследованиях на объектах автомобильного, водного, железнодорожного и общественного транспорта определены состав и уровни химического загрязнения воздуха служебных, пассажирских и общественных помещений. Суммарное загрязнение железнодорожных вагонов летучими соединения-

ми оценивается величиной от 4,2 до 11,8 баллов. В отобранных в салонах транспортных средств образцах пыли (в более 90 % образцов) обнаружены полибромдифенилэфиры (антипирены) и эфиры фталевой кислоты (пластификаторы) в действующих концентрациях.

Выводы. Определенные в модельных и натурных исследованиях летучие низкомолекулярные вещества и соединения (53-х наименований), мигрирующие из ПМ, представляют комплексную систему, которой присущи определенные закономерности токсикокинетики и токсикодинамики в зависимости от насыщенности, удлиненных периодов непрерывной (в течение суток, воскресений и месяцев) экспозиции, уровней миграции, соотношений компонентов. что оказывает существенное влияние на характер формирования химического загрязнения в пространственно-временных координатах с учетом сроков эксплуатации ПМ, механизмов комбинированной и сочетанного действия в особых условиях эксплуатации на транспортных средствах (повышенная температура, влажность воздуха, вибрация, электромагнитное излучение и т.д.). Широкий ассортимент материалов и разнообразие физико-химических, технологических, эксплуатационных и опасных в гигиеническом плане свойств ПМ требуют дальнейшей стандартизации методических подходов, контроля за ограничениями областей и масштабов применения, а также научного обоснования и разработки новых требований к гигиенической регламентации ПМ транспортного назначения.

Ключевые слова*: полимеры транспортного назначения, гигиена применения, токсичные компоненты, миграция, закономерности, гигиеническая регламентация*

Background. Among 130,000 chemicals and materials used in various sectors of the global economy, polymeric and synthetic compositions reach for more than 2/3, and their annual production exceeds 300 mln. t. The priority importance and research-specific model are transport polymers, since this branch is system-oriented in the modern economy and consumes more than 18 % of all polymeric materials (PM) produced in the world. The saturation of modern vehicles with PM reaches 10 m^2 of polymer surface for every m^3 of indoor air with a constant stay of people. However, many hygienic aspects of the problem of safe use of PM in transport branch are not well understood.

The purpose of the study was to substantiate and develop scientific approaches to the system of hygienic regulation of PM transport assignments under standard operating conditions and in case of emergency situations, on the basis of study of their toxicological and hygienic properties and patterns of migration into the environment of their components, as in the model conditions (laboratory tests), and during the operation of the vehicles.

Materials and methods. The testing and admitting of 328 PM of various classes in automobile, railway vagons, marine vessels construction, and modern military equipment as structural, decorative finishing, heat, noise, vibration and waterproofing, as well as cable and electrical products, has been approved. 38 materials (11.6 %) were rejected for their toxicological and hygienic properties. The research was carried out using methods of gas chromatography, mass spectrometry and atomic absorption, a hardware complex for the evaluation of toxic products of thermooxidative destruction, as well as with the use of the design developed by the author and the original method

of cable products testing for the toxicity of combustion products. A new integral index of hygienic safety of PM (IGBT PM) is proposed, taking into account hygienically significant correlations and saturation of the material in the premises of a transport objects with сщтыефте щк permanent residence of people.

Results. The laws of toxicokinetic, features of migration to the air of cabins, salons, rooms with a constant presence of people of the gas-vapor-aerosol mixture, the dependence of qualitative and quantitative indicators of the type of chemical pollution, physical and chemical properties, saturation and associated operating conditions (temperature, humidity, vibration, etc.). In field chemical analysis and hygienic studies at railway, automobile and public transport facilities, the composition and levels of chemical pollution of the air from service, passenger and public premises were determined. The total pollution of railway vagons with volatile compounds is estimated to be from 4.2 to 11.8 points. Dust pollution was selected in the vehicle salons, besides, polybromodiphenylene esters (flame retardants) and phthalic acid esters (plasticizers) were detected in more than 90 % of the samples.

Conclusions. The volatile low molecular weight substances and compounds (53 titles), determined in the model and field studies, represent a complex system of pollutants, which has certain patterns depending on the saturation, the elongated periods of the exposure (during the days, weeks and months), the migration levels, and the ratios of the components. They imposes certain peculiarities on the nature of the formation of chemical pollution in the spatial-temporal aspect, taking into account the periods of operation of PM, the mechanisms of combined and conjunctive action in special conditions of using on vehicles (elevated temperature, humidity, vibration, electromagnetic radiation, etc.). A wide range of materials and a variety of physico-chemical, technological, operational and hygienically hazardous properties of PM require further standardization of methodological approaches, control over constraints on the scope, as well as scientific substantiation and development of new requirements for the hygienic regulation of PM for transport applications.

Key words*: polymers for transport application, hygiene of use, toxic components, migration, patterns, hygienic regulation*

Актуальність. Серед 130 тисяч хімічних речовин і матеріалів, що застосовуються в різних галузях світової економіки, полімерні і синтетичні композиції складають більше 2/3, а їх щорічне виробництво, за даними Європейської економічної комісії (2016), перевищує 300 млн. т.[1]. Полімери як альтернатива традиційним матеріалам стали одним з показників і предикторів науково-технічного прогресу у всіх галузях економіки і сферах життєдіяльності людини на нашій планеті [2]. З ними асоціюються інноваційні технології, що забезпечують життєдіяльність людини на землі, під водою і в космосі. Однак, наявність у багатьох з них негативних та небезпечних для здоров'я працюючих і населення небезпечних властивостей, зажадали вже на перших етапах «тотальної полімеризації» у другій половині XX століття розробки і застосування засобів і методів комплексного контролю і управління хімічною безпекою [3]. Це призвело до появи і розвитку нового напрямку в сучасному природознавстві — гігієни і токсикології полімерних матеріалів. У зв'язку з цим слід нагадати, що біля витоків нової наукової дисципліни стояли Л.І, Медведь і І.М. Трахтенберг [4], а в її фундаментальні основи вагомий внесок внесли українські вчені, такі як

К.І. Станкевич, В.О. Шефтель, Н.Є. Волощенко, В.Н. Чекаль, Л.М. Шафран, А.М. Шевченко, А.П. Яворівський та ін. [5-7]

Не применшуючи значення досягнутих результатів створеною в 70-х роках минулого століття системою гігієнічного нормування і безпечного застосування полімерних і синтетичних матеріалів, слід звернути увагу на той незаперечний факт, що за минулі 5 десятиліть істотно змінилися склад, фізико-хімічні, технологічні та експлуатаційні властивості, перелік пріоритетних класів полімерів та допоміжних компонентів, розширилася сфера застосування та були встановлені інші, важливі в токсиколого-гігієнічному плані, характеристики сировини, матеріалів і виробів (T**.**J**.** Lentz et al., 2009 [8], A Ballesteros-Gymez et al., 2016 [9]).

Все це поставило на порядок денний необхідність перегляду і суттєвого оновлення наукового підґрунтя сучасного гігієнічного регламентування полімерів, а по суті, обґрунтування і розробки нових підходів до створення комплексної системи, яка покликана забезпечити хімічну безпеку полімерного компоненту антропогенно зміненого довкілля для здоров'я працюючих і населення на основі сучасних уявлень про полімери як фактори малої інтенсивності в звичайних (штатних) умовах експлуатації близько до концепції «хворого житла» [10,11] та інтенсивного, нерідко небезпечного для життя, впливу на людей у надзвичайних ситуаціях [12].

В цьому плані пріоритетну значимість і специфічну для досліджень модель представляють полімери транспортного призначення, оскільки ця галузь є системоутворюючою в сучасній економіці і споживає більше 18 % усіх вироблюємих у світі полімерних матеріалів [13]. У сучасному автомобілі вміст полімерних матеріалів досягає 19 % його маси, в одному пасажирському вагоні використовується до 3,5 т полімерів, а маса конструкцій з полімерних композиційних матеріалів в літаках АН-124 досягає 5,5 т. Фюзеляж і крила нового лайнера «Боїнг -787» на 50 % загальної маси представлені полімерами [14]. Експлуатація полімерних виробів на транспорті відбувається в екстремальних умовах (інтенсивні механічне, температурне, шумове та вібраційне навантаження). Насиченість полімерами сучасних транспортних засобів досягає 10 м^2 поверхні полімерів на кожен м^3 повітря приміщень з постійним перебуванням людей [15]. Все це висуває підвищені вимоги до технологічних, експлуатаційних, токсиколого-гігієнічних якостей і безпеки полімерних матеріалів транспортного призначення для людини і навколишнього середовища. Останнє витікає з трьох основних позицій:

- транспорт є системоутворюючою галуззю економіки, в якій зайняті мільйони працівників;
- обслуговує практично все населення Землі в якості пасажирів і туристів;
- входить в число провідних забруднювачів навколишнього середовища [16].

З урахуванням цих особливостей, зростанням обсягу, постійним оновленням номенклатури, розширенням сфер застосування полімерних матеріалів (ПМ) транспортного призначення, актуальною проблемою профілактичної медицини в цій області є створення нової комплексної системи забезпечення хімічної безпеки не тільки в транспортній галузі, а й на національному та глобальному рівнях в цілому [17]. Система повинна будуватися на основі розробки критеріїв і методів вивчення небезпечних властивостей, розкриття механізмів токсичності та небезпеки для здоров'я працюючих, населення і навколишнього середовища, доказової

аргументації наукових принципів гігієнічного регламентування, в тому числі і полімерних матеріалів.

Враховуючи вищевикладене, ***метою*** даного етапу багатопланової комплексної роботи стало обґрунтування та розробка наукових підходів до системи гігієнічної регламентації полімерних матеріалів транспортного призначення в штатних умовах експлуатації і при виникненні надзвичайних ситуацій на основі вивчення їх токсиколого-гігієнічних властивостей та закономірностей міграції у оточуюче середовище їх компонентів, як в модельних умовах (лабораторні дослідження), так і під час експлуатації транспортних засобів.

Матеріали та методи досліджень

Проведено випробування і допущено до застосування 328 полімерних матеріалів різних класів, що застосовуються у вагонобудуванні, автомобілебудуванні, сучасній військовій техніці в якості конструкційних, декоративно-оздоблювальних, тепло-, шумо-, вібро- та гідроізоляційних, а також кабельної та електротехнічної продукції. При цьому 38 матеріалів (11,6 %) за своїми токсиколого-гігієнічними властивостями було відхилено. При виконанні даної роботи був розроблений та використаний комплексний підхід, який передбачав проведення широкого спектру санітарно-хімічних та токсиколого-гігієнічних досліджень.

Рис. 1 Експериментальна установка для випробування кабельної та електротехнічної продукції згідно з патентом [18]

Санітарно-хімічні методи включали визначення міграції летких компонентів у повітря та модельні середовища. Натурні дослідження з виявлення забруднення повітря транспортних засобів проведені в купе пасажирських вагонів (по 3-х одиниць кожного транспортного засобу). Для відбору зразків повітря використовували аспіратори “Тайфун” і установка пневматична УП 12/115Ф СРЗ з мережевим і автономним електроживленням. Під час проведення санітарно-гігієнічних досліджень в лабораторних умовах полімерних матеріалів досліджувалися при різних температурних режимах (20, 40 та 60°С) із застосуванням кліматичної камери «Аналітика-тест» (заводський № 004) та ексикаторів об’ємом 10 л. Дослідження сумішей, що утворювалися при термодеструкції та піролізі ПМ, проводили на спеціальній експериментальній установці для випробування кабельної продукції згідно патентам України [18, 19] із застосуванням камери для експозиції тварин об’ємом 100 л. (Рис. 1.). Дана установка дозволяє досліджувати кабельну і електротехнічну продукцію, а також пластикати для виробництва кабельної продукції із урахуванням умов експлуатації, коли міграція летких продуктів термодеструкції та піролізу йде не з загальної маси матеріалу, а по довжині виробу. При цьому змінюється сценарій терморозкладання і проявляються властивості вогнезахищених матеріалів — йде процес самозатухання з утворенням іншого спектру летких продуктів термодеструкції.

Санітарно-хімічні дослідження також використовували для визначення складу і рівнів міграції хімічних речовин під час моделювання умов експлуатації полімерних матеріалів, а також процесів їх термодеструкції. При цьому застосовували методи га-

зової хроматографії, хромато-мас-спектрометрії, фотоколориметрії, спектрофотометрії, атомно-емісійні згідно МВ 8.8.2.4-127-2006 [20]. Переліки застосованих методів та хімічних сполук, що визначалися під час проведення досліджень, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні методи і компоненти, що визначалися

Метод визначення	Компоненти
Газова хроматографія із застосуванням різних детекторів (газові хроматографи Кристаллюкс-4000, газові хроматографи «Цвет-100», ЛХМ 80)	Вуглеводні граничні C_1-C_{10} і негранічні, вуглеводні ароматичні (бензол, толуол, стирол, етилбензол, ксилоли, мезитилен, псевдокумол), алкілбензоли C_9-C_{12}, хлоровані вуглеводні (хлорбензол, вуглець чотирихлористий, дихлоретан, метилен хлористий), спирти, альдегіди, кетони, епіхлоргідрин, ацетати, стирол, вуглецю оксид (II), вуглецю оксид (IV), кисень
Хромато-мас-спектрометрія (Mass Spectrometer GC/MS Perkin Elmer Clarus 500/560 D)	гексабромциклододекан, декабромдифенілоксид, диэтилфталат, дибутилфталат, диоктилфталат, динонилфталат
Фотоелектроколориметрія (КФК-2 МП), спектрофотометрія (APEL PD-303UV)	аміак, азоту оксиди, водень хлористий, водень ціаністий, кислота оцтова, формальдегід, фенол

Рівень запиленості оцінювали загально прийнятим ваговим методом після відбору зразків аспірацією (пристосований пилосос, електроаспіратор) на фільтри типу АФА.

За результатами хіміко-аналітичних досліджень була проведена оцінка гігієнічної безпеки типових зразків і розраховано запропонованій нами інтегральний показник гігієнічної безпеки полімерного матеріалу (ІПГБ ПМ) із урахуванням гігієнічно значущих співвідношень та насиченості матеріалу у приміщенні транспортного об'єкту з постійним або перманентним перебуванням людей.

ІПГБ ПМ розраховували за формулою 1:

$$\text{ІПГБ ПМ (бали)} = (C_{реч}/ГДК_{а.п}ЧК_{н})ЧК_{нас.пм} \quad (1)$$

де $C_{реч}$ – визначена концентрація хімічної речовини в модельних або натурних умовах при насиченості матеріалом 1м^2/м^3;

$ГДК_{а.п}$ – гігієнічний норматив хімічної речовини у атмосферному повітрі;

$К_{н}$ — коефіцієнт, що враховує клас небезпеки хімічної речовини: 4-й клас — 1 бал, 3-й клас — 1,2 бали, 2-й клас — 1,4 бали, 1-й клас — 1,6 бали;

$К_{нас.пм}$ — коефіциент, що враховує насиченість ПМ на об'єкті:

> 0,5 м^2/м^3– 0,5 бали, 0,5-1 м^2/м^3– 1 бал, 1-5 м^2/м^3– 2 бали, 5-10 м^2/м^3 — 3 бали, більше 10 м^2/м^3 — 4 бали.

Застосування показника ІПГБ ПМ сприяло об'єктивізації результатів комплексної оцінки матеріалів і є придатним для застосування у інформаційних системах для проектування та будування транспортних об'єктів та систем.

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили параметричними та непараметричними методами [21, 22] із застосуванням стандартного пакету програм у Microsoft® Office Excel 2003 (ліцензійний № 74017–640–0000106–57490).

Результати проведених досліджень.

Одержані данні свідчать (рис. 2), що найбільш поширеною з досліджених матеріалів були композитні, які мали основою поліефірні смоли (ПЕ), до складу яких введений стирол (до 30 % маси матеріалу). Друге місце посідають матеріали на основі поліаміду (ПА) (до цієї групи відносяться амінопласти, які теж використовуються як конструкційні, а також декоративно-оздоблювальні матеріали (зокрема, текстильні вироби із поліамідного волокна). На третьому місці — полівінілхлоридні (ПВХ) матеріали. Це в основному пластифіковані матеріали — вінілісшкіра, лінолеум ПВХ, у меншій частині — не пластифіковані

пластики). Окремо розглядалися матеріали для кабельної та електротехнічної продукції. Серед них питома вага пластифікованих ПВХ матеріалів складала більш ніж 65 % від загальної кількості досліджуваної продукції цієї групи. На четверте місце вийшли матеріали на основі фенол-формальдегідних смол (декоративно-оздоблювальні — паперово-шаруваті пластики, ламінати, а також теплоізоляційні матеріали (ТІМ)). Менше ніж 10 % прийшлося на матеріали з іншими зв'язуючими — епоксидними, акриловими смолами, еластомери, пінополіуретани (ППУ), поліетилен тощо.

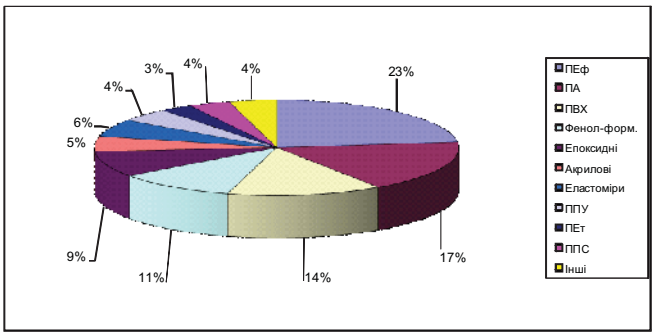

Рис. 2. Розподіл досліджених полімерів та виробів за хімічною основою

Під час проведення лабораторних досліджень полімерів транспортного призначення за стандартною схемою були визначені 53 речовини, три з них — вінілхлорид, толуїлендіізоціанат та бенз (а)пірен відносяться до першого класу небезпеки, 17 — другого, 17 — третього, 16 — четвертого класів за ГОСТ 12.1-007-76 [23] та за нормативами «Гранично допустимими концентраціями хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» (затверджені ГДСЛ від 03.03.2015). [24]. Їх концентрації у повітрі модельних камер та транспортних об'єктів, а також комбінації компонентів характеризувалися вираженими відмінностями, що ускладнює зіставлення за ступенем небезпеки для знаходяться в контакті з ними людей. Використання інтегрального показника сумарної міграції істотно полегшує цей процес і дає можливість кількісно оцінити матеріал з гігієнічних позицій в конкретному контексті проектованого транспортного об'єкта (табл. 2).

Як видно з наведених в таблиці даних, оцінка матеріалів за ІПГБ ПМ показала, що найбільш несприятливими за хімічними критеріями є склопластик, на другому місці — паперово-шаруватий пластик, на третьому — пластик спінений PVC-UL. В першу чергу, це пов'язано з міграцією хімічних речовин, а також високою насиченістю матеріалів у салоні транспортного засобу. В умовах реальної експлуатації до погіршення гігієнічних властивостей ПМ може привести підвищення температури в салонах у літній період, а також відсутність належного повітрооб-

Таблиця 2.

Оцінка гігієнічної безпеки ПМ за критерієм сумарної міграції хімічних речовин у повітря камер (насиченість 1м^2/м^3, t^o = 40 °С, експозиція — 3 доби)

№ п/п	Матеріал	Величини міграції хімічних речовин (мг/м^3)									ІПГБ ПМ
		фенол	формальдегід	стирол	ацетон	вініл-хлорид	бензол	бутанол	етил-ацетат	етил-бензол	
1	Склопластик	0,002 ± 0,0002	0,37 ± 0,042	19,1 ± 1,84	11,5 ± 1,3	-	4,2 ± 0,38	-	2,4 ± 0,19	8,3 ± 0,87	40989
2	Паперово-шарува-тий пластик	0,022 ± 0,003	0,56 ± 0,057	-	0,72 ± 0,08	-	-	0,34 ± 0,02	0,9 ± 0,08	-	1147
3	Пластик вспінений PVC-UL	0,001 ± 0,0001	0,137 ± 0,018	-	-	0,08 ± 0,009	-	0,22 ± 0,026	0,34 ± 0,039	1,8 ± 0,22	475
4	Оббивна тканини ПА	0,0015 ± 0,0002	0,02 ± 0,003	0,06 ± 0,005	0,59 ± 0,06	0,02 ± 0,003	-	0,22 ± 0,03	0,18 ± 0,02	-	61
5	Вініліс-шкіра	0,002 ± 0,0003	0,05 ± 0,006	0,003 ± 0,0002	-	0,05 ± 0,004	-	0,14 ± 0,02	-	-	36
6	Матеріал для ролетних штор	0,001 ± 0,0001	0,03 ± 0,002	-	0,04 ± 0,005	0,01 ± 0,001	-	0,07 ± 0,008	0,6 ± 0,07	-	12
7	Покриття для підлоги ПВХ	0,003 ± 0,0004	0,208 0,022	-	-	0,02 ± 0,002	-	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,014	-	71

міну. Тому модель інтегрального гігієнічного показника безпеки слід подовжувати.

Таблиця 3

Наявність токсичних компонентів в седиментах пилу в салонах і кабінах транспортних засобів

Група досліджених токсикантів	Об'єкти, % виявлення токсикантів			
	автомобіль легковий	трамвай	тролейбус	вагон пасажирський
ПБДФЕ[1]	28,3	42,8	54,6	71,2
ЕФК[2]	52,9	36,4	75,0	91,7

Примітка: [1] — полібромдифенілефіри; [2] — ефіри фталевої кислоти

В ході виконання роботи були також проведені натурні хіміко-аналітичні та гігієнічні дослідження на 12 об'єктах залізничного, автомобільного і громадського транспорту: пасажирські вагони Одеської залізниці, легкові та вантажні автомобілі, автобуси та тролейбуси. Результати моніторингових досліджень пасажирських вагонів показали, що основними забруднювачами повітряного середовища є компоненти розчинників (ацетон та ксилоли), з мономерів виявлені стирол, бензол, фенол і формальдегід. При цьому міграція ацетону перевищувала ГДК а.п. в 1,2-1,5 рази в 2-х точках, ксилолів — у 1,4-1,8 рази в 5-ти точках різних вагонів. Стирол перевищував ГДК в 2,0-3,5 тільки у одному вагоні, що може бути повґязано із застосуванням певних видів склопластиків. Перевищення $ГДК_{сс}$. фенолу в 1,2-2,2 рази виявлено в 7-мі точках, формальдегіду (в 1,2-1,5 рази) — в чотирьох приміщеннях всіх досліджених вагонів. Вірогідно, міграція цих компонентів пов'язана із високою насиченістю об'єму купейних вагонів декоративними паперово-шаруватими пластиками. Перевищення нормативу для бутилакрилату — у 1,3-1,7 разів, і для етилацетату — у 1,3 -1,4 рази виявлено у 2-х точках.

Таким чином, сумарне забруднення пасажирських вагонів леткими сполуками (сума відношень знайдених концентрацій всіх речовин до їх $ГДК_{сс.)}$ складало від 4,2 до 11,8 балів. Серед з визначених речовин шість відносяться до другого класу небезпеки, п'ять — до третього і чотири — до четвертого класу. У трьох випадках клас небезпечності за результатами досліджень (у порівнянні з традиційними) було уточнено.

Для вивчення ролі синтетичних матеріалів в пилоутворенні в процесі експлуатації транспортних засобів були проведені дослідження зразків пилу з повітря, та пилу, що осіла на поверхнях інтер'єру у пасажирських салонах вагонів та автомобілів. Одержані результати свідчать, що запиленість повітря приміщень транспортних засобів достатньо велика — практично у 20 % проб рівень пилу перевищував ГДК. Вторинним джерелом забруднення повітря приміщень є седименти пилу, що осідають на поверхнях полиць вагонів, сидінь автотранспорту, підлозі), а їх маса досягає 430-590 мг/м^2 площі відповідного приміщення.

Практично у всіх пробах седиментів, відібраних в транспортних засобах (біля 90 %), виявлені полібромдифенілефіри та ефіри фталевої кислоти (табл. 2). З представлених в таблиці 3 даних видно, що у відібраних зразках седиментів пилу зустрічаються бромвмісні антипірени (від 1/4 до 2/3 досліджених зразків), які застосовуються для зниження горючості ПМ і здатні при довготривалій експлуатації виробів мігрувати з об'єму матеріалу на його поверхню.

Найбільший вміст у зразках пилу перепадає на ефіри фталевої кислоти, що широко використовуються в полімерних та лакофарбових матеріалах як пластифікатори. У кількісному відношенні вміст броморганічних сполук склав 3,5-12,4 мг/10 г пилу, а ЕФК — 1,9-6,8 мг/10 г пилу. У зразках зовніш-

нього пилу ці сполуки були відсутні. Забруднення електротранспорту ПБДФЕ обумовлено великою насиченістю трамваїв і тролейбусів електрообладнанням та кабельними виробами, в яких вміст антипіренів даного типу є максимальним. В легкових автомобілях та пасажирських вагонах джерелами міграції антипіренів є переважно конструкційні та декоративно-оздоблювальні матеріали з найбільш високою питомою вагою у поверхневій насиченості полімерів.

Проведені дослідження були доповненні більш розгорнутою схемою випробувань типових представників полімерних матеріалів в різних температурних режимах з урахуванням терміну експозиції, насиченості та строків експлуатації з моменту виробництва. З урахуванням того, що у сучасному виробництві полімерів транспортного призначення домінують полістирольні матеріали (входить до складу склопластиків, утеплювачів тощо), вже на перших етапах роботи було досліджено кінетику міграції мономеру стиролу, а одержані результати були детально викладені у попередньому повідомленні [25]. Вивчення динаміки міграції летких хімічних речовин при різних термінах експозиції показало, що їх максимальні концентрації (за винятком, наприклад, формальдегіду з фенол-формальдегідних пластиків та деревно-волокнистих плит) виявляються не на 2-3-й (як вимагають діючі методичні документи), а тільки на 4-7 день експозиції при більш широкому температурному діапазоні (не 20 — 40, а 60 ^{0}C). Позиція ускладнюється послідовною зміною хімічного складу повітря камери при подовженні експозиції. Тому концепція ведучого небезпечного компоненту для «полімерного середовища» життєдіяльності людини у транспортному засобі (в першу чергу, довгострокового перебування — морські, річкові судна, пасажирські автобуси, залізничні пасажирські вагони) не прийнятна. Щодо строків модельної експозиції та температури в камері, то для більш об'єктивної токсиколого-гігієнічної оцінки необхідно збільшувати час термостатування до 7 діб при температурі 40 і 60 ^{0}C.

Інша закономірність міграції летких сполук спостерігалася у відношенні волокнистих теплоізоляційних матеріалів на фенол-формальдегідному зв'язуючому. Наростання динаміки виділення фенолу і формальдегіду із даних матеріалів спостерігалося на протязі 15 діб, це пов'язано із незамкнутою труктурою виробів, внаслідок чого міграція хімічних речовин йде не тільки з поверхні матеріалу, а й з усієї його маси. Цю особливість потрібно враховувати при проведенні санітарно-гігієнічних досліджень, що моделюють умови експлуатації.

Особлива увага у плані хімічної безпеки ПМ приділяється можливості утворення токсичних продуктів при термодеструкції матеріалів, що виникає під час надзвичайних ситуацій (пожеж). Як показали результати проведених нами досліджень [], найбільша кількість токсичних продуктів утворюється при температурі безполуменевого горіння (350-400 ^{0}C) для пластифікованих ПВХ матеріалів, поліамідів, поліолефінів, еластомірів, полістиролів. Максимальне виділення пластифікаторів із ПВХ матеріалів спостерігається при температурі 300 °C, із підвищенням температури знижується, що необхідно враховувати при дослідженні даного виду продукції. При температурному режимі полум'яного горіння (750 ^{0}C) слід досліджувати тільки термостійкі матеріали — склопластики, волокнисті теплоізоляційні матеріали тощо.

В ході проведення широкого кола досліджень з оцінки токсичності продуктів термодеструкції кабельної продукції, що складається з декількох ком-

понентів, та електротехнічних виробів були розроблені нові підходи до їх токсиколого-гігієнічної оцінки. Характерний для цієї групи матеріалів лонгітудний процес розповсюдження вогню враховується шляхом застосування нової установки та методу дослідження, що захищені відповідними патентами, і дозволяє моделювати умови горіння даного виду полімерної продукції. Такий підхід дозволив значно підвищити об'єктивність результатів випробувань кабельної продукції і надійність дозвільної оцінки за даними спостережень на практиці [25, 26].

Обговорення результатів дослідження

Аналіз літературних джерел та проведених власних токсиколого-гігієнічних досліджень, за останні десятиріччя суттєво змінився асортимент та об'єми застосування полімерних матеріалів у транспортній галузі. Якщо до 2000-х років використовувалися переважно матеріали на основі фенол-формальдегідних, епоксидних смол та ПВХ, то на сучасному етапі — на перше місце виходять полімерні композитні матеріали (ПКМ) на основі співполімерів ненасичених поліефірних смол з полістиролом, стирол-акрилонітрил-метилметакрилатні сополімери, АБС пластики, амінопласти, вуглецеві пластики на основі нанотехнологій тощо [2, 6]. До складу сучасних матеріалів вводять велику кількість різноманітних допоміжних речовин та модифікуючих добавок, перелік яких значно розширився у порівнянні з минулим періодом [27]. Розробка нових добавок до пластичних мас є одним з найбільших технічних досягнень останнього десятиліття. Саме вдосконалення технології виготовлення КПМ дозволило поліпшити якість, розширити асортимент і збільшити виробництво рентабельних синтетичних пластиків. Але питання хімічної безпеки таких матеріалів залишається значною мірою відкритим. Тому наукові дослідження в цьому перспективному напрямку мають бути подовжені. Вони стануть основою реформування і суттєвого підвищення ефективності системи гігієнічного регламентування полімерних матеріалів транспортного призначення.

Висновки

1. За результатами комплексної гігієнічної оцінки 328 полімерних матеріалів транспортного призначення, натурних дослідженнях на 27 об'єктах автомобільного, водного, громадського електричного, залізничного транспорту показано, що за останні два десятиріччя відбулися суттєві зміни у асортименті, сфері застосування, технологічних і експлуатаційних характеристиках ПМ, що призвело до значних гігієнічно значущих наслідків в умовах праці значних контингентів робітників транспорту, кількісних і якісних показниках хімічного навантаження на організм працюючих і експонованих верств населення у повсякденних умовах та надзвичайних ситуаціях.

2. В основі негативного токсигенного впливу на здоров'я і ризиків для життя людей, як і в попередні роки, вирішальне значення мають призначення, види ПМ, що застосовуються в галузі, а також їх фізико-хімічні властивості і характер біологічної дії на організм людини. Якщо раніше найбільш широко у транспортній галузі застосовувалися ПМ на основі ПВХ, фенол-формальдегідних, алкідних та епоксидних смол, то на момент проведення досліджень домінують композитні поліефірні (23,2), поліамідні матеріали та склопластики (17,4), ПВХ (13,7), та матеріали на основі фенол-формальдегідних смол (до 10,6 %). Крім того, 35,1 % матеріалів мають іншу основу. Їх номенклатура та співвідношення рік за роком швидко змінюється, що віддзеркалює динамізм і науко-

во-технічний прогрес в цьому перспективному напрямку.

3. Визначені в модельних та натурних дослідженнях леткі низькомолекулярні речовини і сполуки (53-х найменувань), що мігрують з полімерних матеріалів та виробів, як правило, представляють не просто суміш речовин, а комплексну систему, якій притаманні певні закономірності в залежності від насиченості (до 10 $м^2/м^3$), подовжених періодів безперервної (впродовж діб, неділь та місяців) експозиції, рівнів міграції, співвідношень компонентів. що накладає певні особливості на характер формування хімічного забруднення у просторово-часовому аспекті з урахуванням строків експлуатації ПМ, механізмів комбінованої та поєднаної дії в особливих умовах експлуатації на транспортних засобах (підвищена температура, вологість повітря, вібрація, електромагнітне випромінювання тощо).

4. Серед досліджених матеріалів найбільш небезпечними у токсиколого-гігієнічному сенсі є склопластики, декоративні паперово-шаруваті пластики та пластики на основі ПВХ, що обумовлено як високою міграцією із зразків хімічних сполук, так і високою їх насиченістю на транспортних об'єктах.

5. В натурних хіміко-аналітичних та гігієнічних дослідженнях на об'єктах залізничного, автомобільного і громадського транспорту визначені склад та рівні хімічного забруднення повітря службових, пасажирських і громадських приміщень. Сумарне забруднення залізничних вагонів леткими сполуками (сума відношень знайдених концентрацій всіх речовин до їх $ГДК_{а.п.)}$ склало від 4,2 до 11,8 балів. Застосування показника ІПГБ ПМ сприяло об'єктивізації результатів комплексної оцінки матеріалів і є придатним для застосування у інформаційних системах для проектування та будування транспортних об'єктів і систем.

Забруднення пилу, що був відібраний у салонах транспортних засобів, полібромдифенілефірами (антипірени) та ефірами фталевої кислоти (пластифікатори), виявлено більш ніж у 90 % зразків. Отримані результати моніторингу транспортних засобів підтверджують гігієнічно значущу роль полімерів, у тому числі і допоміжних компонентів, у формуванні умов хімічного навантаження на організм працюючих і пасажирів при довготривалій експлуатації.

6. Лімітуючим критерієм безпечного застосування полімерів на транспорті з позицій протипожежного захисту, забезпечення умов життєдіяльності і хімічної безпеки у надзвичайних ситуаціях є визначення токсичних продуктів термодеструкції матеріалів та виробів у модельних умовах в ході гігієнічної регламентації ПМ. Розроблені нові, диференційовані, захищені патентами України підходи до оцінки різних видів полімерної продукції (конструкційних, декоративно-оздоблювальних, теплоізоляційних матеріалів, кабельних та електротехнічних виробів) дозволяють значно підвищити надійність отриманих результатів і пожежну безпеку транспортних засобів.

7. Широкий асортимент матеріалів і різноманітність фізико-хімічних, технологічних, експлуатаційних та небезпечних в гігієнічному плані властивостей ПМ вимагають подальшої стандартизації методичних підходів, контролю за обмеженнями щодо сфери застосування, а також наукового обґрунтування та розробки нових вимог до гігієнічної регламентації полімерних матеріалів транспортного призначення.

Література

1. Toward the definition of specific protection goals for the environmental risk assessment of chemicals: A perspective on environmental regulation in Europe /

A.R. Brown, G. Whale, M. Jackson et al. // Integr. Environ. Assess. Manag., 2017. — Vol. 13. — No. 1. — P. 17-37.

2. Григорьев, Г. П. Полимерные материалы / Г.П. Григорьев, Г.Я. Ляндзберг, А.Г. Сирота. — М.: Высшая школа, 2015. — 260 с.
3. Гигиена применения полимеров / Под ред. К.И. Станкевича. — К.: Здоров'я, 1976. — 144 с.
4. Трахтенберг И.М. (ред.) Токсикологическая оценка летучих веществ, выделяющихся из синтетических материалов / Под ред. И.М. Трахтенберга. — К.: Здоров'я, 1968. — 196 с.
5. Шафран Л.М. Проблема комбинированного действия в гигиене и токсикологии полимерных материалов / Л.М. Шафран, А.Н. Боков, К.И. Станкевич // Комбинированное и изолированное действие химических веществ на организм. Материалы научно-практической конференции. — Одесса, 1989. — С. 5-12.
6. Sheftel V.O. Indirect Food Additives and Polymers: Migration and Toxicology / V.O. Sheftel. — CRC Press, 2000. — 1320 p.
7. Яворовский А.П. Отдаленные последствия биологического действия полимерных соединений / А.П. Яворовский-, М.А Гайворонская // Укр. журн. з проблем мед. праці, 2005. — № 1. — С. 69-73.
8. Aggregate Exposure and Cumulative Risk Assessment-Integrating Occupational and Non-occupational Risk Factors / T.J. Lentz, G.S. Dotson, P.R. Williams et al. // J. Occup. Environ. Hyg., 2015. — Vol.12. — Suppl. 1. — P. S112-S126. doi: 10.1080/15459624.2015.1060326.
9. Ballesteros-Gymez A. Screening of additives in plastics with high resolution time-of-flight mass spectrometry and different ionization sources: direct probe injection (DIP)-APCI, LC-APCI, and LC-ion booster ESI / A. Ballesteros-Gymez, T. Jonkers, A. Covaci, J. de Boer // Anal. Bioanal. Chem., 2016. — Vol. 408. — P. 2945–2953. DOI 10.1007/s00216-015-9238-5
10. Dyshinevich N.E. Constructive materials and Air Quality in Buildings: Impact on the Health of the Population / N.E. Dyshinevich, R.E. Sova // Environment and Health, 1998. — No. 2. — P. 236-241.
11. Гигиенические и клинические аспекты синдрома «больных зданий» и перспктивы охраны здоровья населения / Н.Г. Проданчук, Н.Е. Дышиневич, Г.М. Балан и др. // Соврем. проблемы токсикологии, 2006. — № 2. — С. 4-13.
12. Alarie Y. Toxicity of Fire Smoke / Y. Alarie // Critical Reviews in Toxicology, 2002. — Vol. 32. — Iss. 4. — P. 259-270.
13. Статистика мирового производства и потребления полимеров по данным ЕЭК. Путь доступа к файлу — https: // mplast.by/novosti/2015-08-11-statistika-mirovogo-proizvodstva-i-potrebleniya-polimerov-po-dannyim-eek/
14. Шафран Л.М. Новітні розробки в галузі гігієни і токсикології полімерних та синтетичних матеріалів транспортного призначення / Л.М. Шафран, Д.П. Тимошина, Л.В. Басалаева // Актуальные проблемы транспортной медицины, 2012. — № 4 (30). — С. 9-17.
15. Дориомедов М.С. Полимерные композиционные материалы на железнодорожном транспорте России / М.С. Дориомедов, М.И. Дасковский, С.Ю. Скрипачев, Е.А. Шеин // Труды ВИАМ, 2016. — № 7 (43). — С. 113-118.
16. Шафран Л.М. Безопасность на транспорте: проблемы и пути решения / Л.М. Шафран // Новітні науково-навчальні досягнення медицини транспорту. Зб. наук. праць. Спец. вип.. — Миколаїв, 2011. — С. 80-83.
17. Кундиев Ю.И. Химическая безопасность в Украине / Ю.И.Кундиев, И.М. Трахтенберг.- К.: Авиценна, 2007.-72 с
18. Пристрій для дослідження токсичності продуктів горіння. Патент на корисну модель № 55137 від 10.12.2010. Автори: Шафран Л.М., Свиридов В.М., Леонова Д.І., Третьякова О.В.
19. Спосіб визначення токсичності продуктів горіння кабельних виробів Патент на винахід № 111660 від 25.05.2016. Автори: Шафран Л.М., Третьякова О.В., Третьяков А.М., Домніч І.К., Довженко І.Г., Солодовніков І.О.
20. Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів Методичні вказівки

МВ 8.8.2.4-127-2006. Видання офіційне / Ред.: Л.М. Шафран, Д.П. Тімошина, І.О. Харченко. — К.: ДМП «Полімед», 2006. — 128 с.

21. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С. Н., Губенко А. В., Бабич П. Н. — К.: МОРИОН, 2000. — 320 с.
22. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / Антомонов М. Ю. — Киев, 2006 — 558 с.
23. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2). Режим доступа до файлу: http: //docs.cntd.ru/document/5200233
24. Гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних чинників у повітрі робочої зони. затверджені ГДСЛ від 17.07.2015. Режим доступа до файлу: http: // www.moz.gov.ua/docfiles/sp_20170331_0.pdf
25. Третьякова Е.В. Химические маркеры в комплексной гигиенической оценке теплоизоляционных полистирольных материалов / Е.В. Третьякова, С.Г. Михалькова // Актуальные проблемы транспортной медицины. — 2017. — № 4. — С. 32-45.
26. Третьякова Е.В. Токсиколо-гигиенические критерии безопасности применения теплоизоляционных материалов в строительстве и на транспорте // Е.В. Третьякова // Актуальні проблеми транспортної медицини, 2018. — № 3 (53). — С.107-123.
27. Components of plastic: experimental studies in animals and relevance for human health / E.C. Talsness, J.M. Andrade, N.S. Kuriyama et al. / Philosophical Transactions of the Royal Society B, 2009. — Vol. 364 — P. 2079–2096. doi: 10.1098/rstb.2008.0281

References

1. Toward the definition of specific protection goals for the environmental risk assessment of chemicals: A perspective on environmental regulation in Europe /A.R. Brown, G. Whale, M. Jackson et al. // Integr. Environ. Assess. Manag., 2017. — Vol. 13. — No. 1. — P. 17-37.
2. Grigoriev, G.P. Polymeric materials / G.P. Grigoryev, G.Y. Lyandsberg, A.G. Syrota. — M.: Higher School, 2015. — 260 c. [rus]
3. Hygiene of polymers using / Ed. by K.I. Stankevich. — K.: Health, 1976. — 144 p. [rus]
4. Trakhtenberg I.M. (ed.) Toxicological assessment of volatile substances emitted from synthetic materials / Ed. By I.M. Trachtenberg. — K.: Health, 1968. — 196 p. [rus]
5. Shafran L.M. The problem of combined action in hygiene and toxicology of polymeric materials / L.M. Shafran, A.N. Bokov, K.I. Stankevich // Combined and isolated effect of chemicals on the body. Materials of the scientific-practical conference. — Odessa, 1989. — P. 5-12. [rus]
6. Sheftel V.O. Indirect Food Additives and Polymers: Migration and Toxicology / V.O. Sheftel. — CRC Press, 2000. — 1320 p.
7. Yavorovsky A.P. Remote effects of the biological action of polymeric compounds / A.P. Yavorovsky, M.A. Gaivoronskaya // Ukr. J. of Occupational Health, 2005. — No. 1. — P. 69-73. [rus]
8. Aggregate Exposure and Cumulative Risk Assessment-Integrating Occupational and Non-occupational Risk Factors / T.J. Lentz, G.S. Dotson, P.R. Williams et al. // J. Occup. Environ. Hyg., 2015. — Vol.12. — Suppl. 1. — P. S112-S126. doi: 10.1080/15459624.2015.1060326.
9. Ballesteros-Gymez A. Screening of additives in plastics with high resolution time-of-flight mass spectrometry and different ionization sources: direct probe injection (DIP)-APCI, LC-APCI, and LC-ion booster ESI / A. Ballesteros-Gymez, T. Jonkers, A. Covaci, J. de Boer // Anal. Bioanal. Chem., 2016. — Vol. 408. — P. 2945–2953. DOI 10.1007/s00216-015-9238-5
10. Dyshinevich N.E. Constructive materials and Air Quality in Buildings: Impact on the Health of the Population / N.E. Dyshinevich, R.E. Sova // Environment and Health, 1998. — No. 2. — P. 236-241.
11. Hygienic and clinical aspects of the syndrome of “sick buildings” and the perspectives of public health / N.G. Prodanchuk, N.E. Dyshinevich, G.M. Balan et al.

// Modern Problems of Toxicology, 2006. — No. 2. — P. 4-13. [rus]

12. Alarie Y. Toxicity of Fire Smoke / Y. Alarie / / Critical Reviews in Toxicology, 2002. — Vol. 32. — Iss. 4. — P. 259-270.
13. Statistics of world production and consumption of polymers according to the EEC. File access path — https: // mplast.by/novosti/2015-08-11-statistika-mirovogo-proizvodstva-i-potrebleniya-polimerov-po-dannyim-eek/ [rus]
14. Shafran L.M. Newest developments in the field of hygiene and toxicology of polymeric and synthetic materials for transportation purposes / L.M. Shafran, D.P. Timoshina, L.V. Basalaeva // Actual Problems of Transport Medicine, 2012. — No. 4 (30). — P. 9-17.[ukr]
15. Doriomedov M.S. Polymer composite materials on the railway transport of Russia / M.S. Doriomedov, M.I. Daskovsky, S.Yu. Skripachev, E.A. Shein // Proceedings of VIAM, 2016. — No. 7 (43). — P. 113-118.[rus]
16. Shafran L.M. Transport safety: problems and solutions / L.M. Shafran // Recent scientific and educational achievements of medicine of transport. Scientific works collection. Special Edition.. — Nikolaev, 2011. — P. 80-83.
17. Kundiev Yu.I. Chemical safety in Ukraine / Yu.I. Kundiev, I.M. Trakhtenberg.- K.: Avicenna, 2007.-72 p.
18. Device for the study of toxicity of combustion products. Patent for Utility Model No. 55137 dated December 10, 2010. Authors: Shafran LM, Sviridov VM, Leonova D.I., Tretyakova O.V. [ukr]
19. Method for determining the toxicity of combustion products of cable wares. Patent for invention No. 111660 dated 25.05.2016. Authors: Shafran LM, Tretyakova O.V., Tretyakov AM, Domnich I.K., Dovzhenko I.G., Solodovnikov I.O. [ukr]
20. Definition and hygienic estimation of toxicity of combustion products of polymeric materials. Methodical instructions of MW 8.8.2.4-127-2006. Official publication / Ed.: L.M. Shafran, D.P. Tymoshina, I.O. Kharchenko — K.: DMP “Polimed”, 2006. — 128 p. [ukr]
21. Lapach S.N. Statistical methods in biomedical researches using Excel / S.N. Lapach, A.V. Gubenko, P.N. Babich — K.: MORION, 2000. — 320 p. [rus]
22. Antomonov M.Yu. Mathematical processing and analysis of biomedical data / M. Yu. Antomonov — K. 2006 — 558 p. [rus]
23. GOST 12.1.007-76. Occupational Safety Standards System (OSS). Harmful substances. Classification and general safety requirements (with Amendments N 1, 2). Access mode to the file: http: // docs.cntd.ru/document/5200233. [rus]
24. Maximum permissible concentrations (MAC) of chemical factors in the air of the working zone. Approved by the GDSL from 07/17/2015. File access mode: http: // www.moz.gov.ua/docfiles/sp_20170331_0.pdf [rus]
25. Tretyakova E.V. Chemical markers in the complex hygienic assessment of heat-insulating polystyrene materials / E.V. Tretyakov, S.G. Mikhalkov // Actual problems of transport medicine. — 2017. — No. 4. — p. 32-45. [rus]
26. Tretyakova E.V. Toxicological and hygienic safety criteria for the use of thermal insulation materials in construction and transport // E.V. Tretyakova // Actual problems of transport medicine, 2018. — No. 3 (53). — p.107-123. [rus]
27. Components of plastic: experimental studies in animals and relevance for human health / E.C. Talsness, J.M. Andrade, N.S. Kuriyama et al. / Philosophical Transactions of the Royal Society B, 2009. — Vol. 364 — P. 2079–2096. doi: 10.1098/rstb.2008.0281

Впервые поступила в редакцию 25.10.2018 г.
Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования