

УДК [614.71+614.76]: 616-092.9-047.37]: 691: 656

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1434420>

## ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И НА ТРАНСПОРТЕ

**Третьякова Е.В.**

Украинский НИИ медицины транспорта, г. Одесса, [helen.tre67@gmail.com](mailto:helen.tre67@gmail.com)

## ТОКСИКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНІ КРИТЕРІЇ БЕЗПЕЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ І НА ТРАНСПОРТІ

**Третьякова О.В.**

Український НДІ медицини транспорту, м. Одеса, [helen.tre67@gmail.com](mailto:helen.tre67@gmail.com)

## TOXICOLOGICAL-HYGIENIC CRITERIA FOR THE SAFETY OF APPLICATION OF HEAT-INSULATING MATERIALS IN CONSTRUCTION AND TRANSPORT

**Tretyakova E. V.**

Ukrainian SRI for Medicine of Transport of the Health Ministry of Ukraine, Odessa,  
[helen.tre67@gmail.com](mailto:helen.tre67@gmail.com)

**Актуальность.** На современном этапе развития экономики особую актуальность приобретает проблема энергосбережения и экономии энергоресурсов. Одним из наиболее рациональных путей решения данной задачи является использование в строительстве и на транспорте современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов (ТИМ). Наличие различных видов ТИМ диктует экономические, организационные аспекты их производства, особые требования безопасности в зависимости от сферы их применения.

**Целью** настоящей работы является комплексная токсиколого-гигиеническая оценка различных видов современных теплоизоляционных материалов и обоснование критериев их безопасного применения в обычных условиях эксплуатации и при возникновении чрезвычайных ситуаций (пожаров).

**Материалы и методы.** Проведена оценка миграции химических веществ в воздух и состава токсичных продуктов горения (ТПГ) 36 ТИМ Газохроматографические и фотометрическими методами, в том числе в режимах термоокислительной деструкции (450 °С) и пламенного горения (750 °С) на специальной экспериментальной установке.

**Результаты исследования.** В условиях, моделирующих монтаж ТИМ, превышение ГДК<sub>рз</sub> не установлено, а при моделировании штатных условий эксплуатации только в 19,4 % случаев. Среди компонентов, превышающих нормативные величины ПДК сд доминировали: для материалов из минеральной ваты — формальдегид

(100 % случаев), для пенополистирола (ППС) — стирол (72,7 %), для пенополиуретан (ППУ) — бензол, формальдегид и этиленгликоль (100 %), для каучуков — этилацетат и формальдегид (50 %). Кроме того, для ТИМ на основе минеральной ваты характерна миграция в воздух аэрозольных частиц.

По уровню образования ТПГ 50,0 % исследованных материалов с ППУ были отнесены к классу высокоопасные (2-й класс опасности), и 50,0 % — к классу умеренноопасные (3-й класс). ППС материалы в 77,7 % случаев были отнесены к 3-го класса и 22,3 % — до 4-го класса (мало опасные). 81,1 % материалов из вспененного полиэтилена (ВТЭ) отнесены к 3-му классу и по 9,5 % — до высоко- и малоопасных. Все материалы из каучука попали в 3-й класс. Тима из волокнистых комплексов в подавляющем числе исследований отнесены к классу малоопасных, и только в 4,5 % случаев — к слабоопасных. В условиях натуральных широкомасштабных испытаний при использовании полимерных материалов в составе систем фасадного утепления 94,4 % изделий было отнесено к классу мало опасных, что связано с соблюдением условий монтажа и сферы применения данных ТИМ.

**Выводы.** Вопрос безопасности для здоровья человека и окружающей среды различных видов теплоизоляционных материалов до сих пор остаются недостаточно изученными, что требует разработки дополнительных критериев безопасности, осуществление мероприятий по стандартизации, контроля и дифференцировки в зависимости от сферы применения.

**Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, токсиколого-гигиеническая оценка, химическая опасность, токсичность продуктов горения.

**Актуальність.** На сучасному етапі розвитку економіки особливої актуальності набуває проблема енергозбереження і економії енергоресурсів. Одним з найбільш раціональних шляхів вирішення даного завдання є використання в будівництві і на транспорті сучасних високоефективних теплоізоляційних матеріалів (ТИМ). Наявність різних видів ТИМ диктує економічні, організаційні аспекти їх виробництва, особливої вимоги безпеки в залежності від сфери їх застосування.

**Метою** цієї роботи є комплексна токсиколого-гігієнічна оцінка різних видів сучасних теплоізоляційних матеріалів і обґрунтування критеріїв їх безпечної застосування в звичайних умовах експлуатації та при виникненні надзвичайних ситуацій (пожеж).

**Матеріали та методи.** Проведено оцінку міграції хімічних речовин в повітря і складу токсичних продуктів горіння (ТПГ) 36 ТИМ газохроматографічними і фотометричними методами, в тому числі в режимах термоокислювальної деструкції (450 °С) і полум'яного горіння (750 °С) на спеціальній експериментальній установці.

**Результати дослідження.** В умовах, що моделюють монтаж ТИМ, перевищення ГДКрз не встановлено, а при моделюванні штатних умов експлуатації тільки у 19,4 % випадків. Серед компонентів, що перевищують нормативні величини ГДК сд домінували: для матеріалів з мінеральної вати — формальдегід (100 % випадків), для пінополістиролу (ППС) — стирол (72,7 %), для пінополіуретан (ППУ) — бензол, формальдегід і етиленгликоль (100 %), для каучуків — этилацетат і формальдегід (50 %). Крім того, для ТИМ на основі мінеральної вати характерна міграція в повітря аерозольних часток.

За рівнем утворення ТПГ 50,0 % досліджених матеріалів з ППУ були віднесені

до класу високонебезпечні (2-й клас небезпеки), і 50,0 % — до класу помірнонебезпечні (3-й клас). ППС матеріали в 77,7 % випадків були віднесені до 3-го класу і 22,3 % — до 4-го класу (мало небезпечні). 81,1 % матеріалів з спіненого поліетилену (ВПЕ) віднесені до 3-го класу і по 9,5 % — до високо- і малонебезпечних. Усі матеріали з каучуку потрапили до 3-й класу. ТІМи з волокнистих комплексів у переважній кількості досліджень віднесені до класу малонебезпечних, і лише у 4,5 % випадків — до помірнонебезпечних. В умовах натурних широкомасштабних випробувань при використанні полімерних матеріалів у складі систем фасадного утеплення 94,4 % виробів було віднесено до класу мало небезпечних, що пов'язано з дотриманням умов монтажу та сфери застосування даних ТІМ.

**Висновки.** Питання безпеки для здоров'я людини і навколишнього середовища різних видів теплоізоляційних матеріалів досі залишаються недостатньо вивченими, що вимагає розробки додаткових критеріїв безпеки, здійснення заходів щодо стандартизації, контролю і диференціювання в залежності від сфери застосування.

**Ключові слова:** теплоізоляційні матеріали, токсиколого-гігієнічна оцінка, хімічна небезпека, токсичність продуктів горіння.

**Background.** At the present stage of development of the world economics, the problem of energy saving and energy resources economy becomes especially relevant. One of the most rational ways to solve this problem is to use modern high-efficiency heat insulation materials (HIM) in construction and on transport. The presence of various types of HIM is dictated by the economic, organizational aspects of their production, special security requirements, depending on the scope of their application.

**The purpose** of this work was a comprehensive toxicological and hygienic assessment of various types of modern insulating materials and ground of the criteria for their safe use under normal operating conditions and in the emergencies (fires).

**Materials and methods.** The assessment of the migration of chemicals into the air and the toxic combustion products (TCP) consist of 36 HIM by gas chromatographic and photometric methods, including the modes of thermooxidative destruction (450 °C) and flame combustion (750 °C) on a special experimental equipment.

**Results.** Under the conditions simulating the application of the HIM, the excess of the TLV was not established, but in the case of modeling the nominal operating conditions — only in 19,4 % of cases. Among the components exceeding the normative values, are dominated such pollutants, as: materials from mineral wool — formaldehyde (100 % of cases), expanded polystyrene — styrene (72,7 %), PUF — benzene, formaldehyde and ethylene glycol (100 %), rubbers — ethyl acetate and formaldehyde (50 %). In addition, mineral wool-based HIMs have proved disadvantageous in the migration of aerosol particles into the air. By the level of the TCP formation of, 50,0 % of the investigated polyurethane were classified as highly hazardous (2nd hazard class), and 50,0 % — to the class moderately dangerous (3rd class). EPS-materials in 77,7 % of cases were assigned to the 3rd class and 22,3 % to the 4th class (low-risk). 81,1 % of materials from the PEF are classified to the 3rd class and 9,5 % to the materials of high and low risk. All materials from rubber were in the 3rd class. HIMs from fibrous complexes in the overwhelming number of studies are classified as low-risk, and only 4,5 % of cases are moderately dangerous. In the conditions of full-scale large-scale testing with the use of polymeric materials in the facade insulation system, 94,4 % of products were classified as low-hazard, which is due to compliance with the installation conditions and the scope

of the HIM data

**Conclusions.** The issues of safety for human health and the environment of different types of heat insulation materials have not been sufficiently studied to date, which requires the development of additional safety criteria, the implementation of standardization, control and differentiation measures, depending on the scope of application.

**Key words:** *heat insulating materials, hygienic and toxicological assessment, chemical hazard, toxicity of combustion products.*

### Актуальность

На современном этапе развития экономики особую актуальность приобретает проблема энергосбережения и экономии энергоресурсов. Основа государственной политики энергосбережения в Украине была заложена еще в конце 90-х годов принятием Закона «Об энергосбережении». В последующие годы она закреплена на законодательном уровне рядом ключевых Законов и постановлений кабинета министров Украины, а также разработан и утвержден Национальный план действий по энергоэффективности в период до 2020 года [1-3]. Одним из наиболее рациональных путей решения данной проблемы является использование в строительстве и на транспорте современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов [4-6].

Теплоизоляционные материалы (ТИМ) — это материалы, предназначенные для уменьшения теплопереноса, теплоизоляционные свойства которых зависят от их химического состава и/или физической структуры. Основными характеристиками теплоизоляционных материалов являются теплопроводность, пористость, плотность, паропроницаемость и водопоглощение, биостойкость, огнестойкость, прочность, температуростойкость и удельная теплоёмкость [7].

Использование ТИМов позволяет уменьшить толщину и массу стен и других ограждающих конструкций, снизить расход основных конструктивных материалов. Наряду с этим, при сокращении

потерь тепла отапливаемыми зданиями, уменьшается расход энергоносителей. Многие теплоизоляционные материалы, вследствие высокой пористости, обладают способностью поглощать звуки, что позволяет применять их также в качестве акустических материалов для борьбы с шумом [8, 9].

Все теплоизоляционные материалы по виду основного сырья, из которого они изготавливаются, можно подразделить на несколько групп, основные из которых представлены в табл. 1. Сырьем для изготовления полимерсодержащих ТИМ служат термопластичные полимеры (или термопласты) — это полиолефины, полистирол, поливинилхлорид, и терморезистивные полимеры (или реактопласты) — полиуретан (как разновидности, пенополиизоцианурат), мочевино-формальдегидные, фенол-формальдегидные смолы, а также эластомеры — синтетические каучуки. Для улучшения технологических характеристик и придания им необходимых технологических свойств в полимерную основу добавляют газообразующие и вспенивающие вещества, наполнители, пластификаторы, красители, для снижения пожароопасности — антипирены [10].

Сырьем для изготовления минеральных волокнистых материалов является сода, известь, кварцевый песок (для стекловаты), базальтовая группа горных пород (для базальтовой минеральной ваты). Волокно, которое получают из расплава, скрепляется в изделие с помощью связующего (чаще всего это фенол-

формальдегидная смола) [11]. От вида используемого сырья зависят технологические характеристики ТИМов, их эксплуатационные свойства, и соответственно, сферы применения.

По назначению ТИМы подразделяются на [10]:

1. теплоизоляционно-строительные — используются в судостроении, автомобиле- и вагоностроении, в гражданском строительстве для утепления строительных конструкций в жилых и промышленных зданиях, утепления стен, полов, потолков, кровли, в составе сэндвич-панелей при строительстве торговых комплексов;
2. теплоизоляционно-монтажные — применяются для тепловой изоляции промышленного оборудования в хо-

лодильной промышленности, судостроении и вагоностроении, теплоизоляции труб и технологических трубопроводов, систем кондиционирования, инженерных коммуникаций.

Предельная температура применения теплоизоляционно-монтажных ТИМ составляет от 60 °С (для ППВХ) — до 1000 °С (для базальтовых утеплителей) [9].

Рынок современных ТИМов, использующихся в строительстве и на транспорте, наиболее широко представлен полистиролом (экструдированным EPS и вспенным XPS) и неорганическими минераловатными комплексами. По данным Агенства индустриального маркетинга (рис. 2) доля различных видов полистирола на рынке Украины в 2017

Таблица 1

Основные виды и эксплуатационные свойства теплоизоляционных материалов

Наименование материала	Эксплуатационные свойства ТИМ	
	Положительные	Недостатки
Пенополистирол (ППС), экструдированный пенополистирол (ЭППС)	химически стоек, не подвержен гниению и разложению, имеет хорошие теплоизоляционные характеристики, низкое влагопоглощение, высокую морозостойкость и прочность; легкость монтажа	горюч, не пропускает воздух; фотодеструкции подвержен только ППС
Пенополиэтилен (ППЭ) с металлизированным (из алюминия) покрытием (изолон, пенофол)	обладает тепло-паро-шумоизоляционными свойствами, стойкостью к коррозии и воздействию УФ-излучения, масло-бензо- стоек, не подвержен гниению, долговечен; за счет отражения лучистой энергии повышает тепловое сопротивление конструкции без увеличения ее объема; легкость монтажа	горюч, не пропускает воздух, необходимо комбинировать с ватой для достижения соответствующих теплоизолирующих свойств
Пенополивинилхлорид (винипор, ППВХ)	обладает хорошими тепло- шумоизоляционными свойствами; масло- бензо- стоек, не подвержен гниению, долговечен; легкость монтажа	горюч, не пропускает воздух
Пенополиуретан (ППУ)	обладает хорошими тепло- шумоизоляционными свойствами, эластичен; устойчив к биологическому воздействию	горюч, не пропускает воздух; подвержен фотодеструкции; некоторые виды ППУ для монтажа требуют специальной аппаратуры
Пенополиизоцианурат (PIR)	имеет высокие гидро- и теплоизолирующие свойства, химически и водостойчив, устойчив к УФ-и биологическому воздействию; высокая прочность и долговечность	горюч, не пропускает воздух
Вспененный синтетический каучук	высокие теплоизолирующие свойства, химически и водостойчив, не подвержен уплотнению; удобен при монтаже	горюч
Мипора, пеноизол (на основе мочевино- и фенол-формальдегидной смолы)	очень легкий материал с хорошие теплоизоляционные характеристиками, устойчив к биологическому воздействию и вибрации	имеет малую прочность на сжатие, гигроскопична
Минераловатные изделия на основе базальта	не горючи, обеспечивают хорошую шумо- и теплоизоляцию, обладают высокой морозостойкостью; мало подвержены поражению грибками и насекомыми	со временем происходит «старение» связующего компонента; требует дополнительных слоев пароизоляционной и гидроизоляционной пленки при монтаже;
Изделия из стекловаты	низкое влагопоглощение и высокая прочность; высокая огнестойкость, однако меньшая, чем у минеральной ваты	под действием собственной тяжести дает усадку; стекловата более хрупкая, при ее укладке образуется много пыли, которая может вызвать зуд кожи и воспаление дыхательных путей
Асбестосодержащие материалы и изделия	высокая температуростойкость, прочность и долговечность	возможно образование асбестовой пыли из волокнистых материалов (амфибол), вредных и опасных для здоровья человека

году составила 33,3 %, а минераловатных комплексов — 66,7 %, а общий объем данного вида продукции 3,6 млн. м<sup>3</sup> [12].

Наличие различных видов ТИМ диктует экономические, организационные аспекты их производства, особые требования к различным сферам их применения, технологиям монтажа, условиям эксплуатации объектов.

Многими производителями и поставщиками данного вида продукции современные ТИМы заявляются как безопасные и экологичные. Однако, понятие безопасное применение чрезвычайно емкое и трактуется специалистами разного профиля по-разному. В самом общем виде безопасность предполагает отсутствие негативных эффектов на здоровье человека, техническую безопасность, которая сочетается с положительными эксплуатационными свойствами, минимизация проявления опасного воздействия при возникновении чрезвычайных ситуациях, главным образом при пожарах, и экологическую безопасность (или экологичность продукции). С учетом такого множественного характера задач и проблем безопасности, каждое направление в теплоизоляции имеет свои преимущества, особенности и недостатки. Определение идеального теплоизоляционного материала (ТИМ) в этом контексте отсутствует.

Исследования по гигиенической оценке теплоизоляционных материалов, несмотря на их уже широкое применение в промышленности и строительстве, начали проводиться только с конца 60-х годов 20 столетия [13]. Первыми материалами, которые использовали в качестве утеплителей, были материалы на основе фенол-формальдегидных смол. Однако, уже тогда было установлено превышение норм миграции мономеров (фенола и формальдегида) в окружающую среду на протяжении длительного

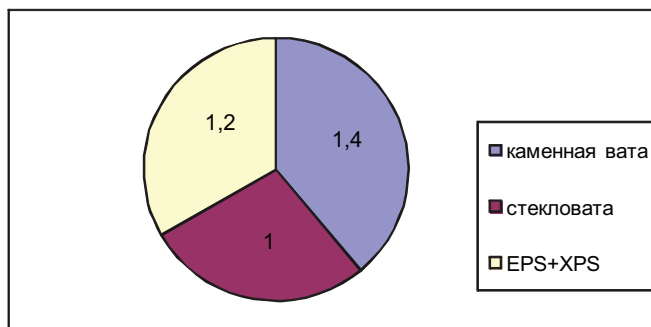


Рис. 1. Структура рынка основных ТИМ в Украине за 2017 год, млн. м<sup>3</sup>.

времени эксплуатации [14]. Активное применение пенополистирола (ППС) как утеплителя в строительстве было начато с 70-х годов, минераловатных изделий — с 50-х [15]. Однако, и до настоящего времени, в связи с постоянным обновлением ассортимента ТИМ, разнообразия производителей продукции, сферы и условий их применения остается актуальным изучение безопасности данного вида продукции.

Учитывая вышеизложенное, **целью** настоящей работы явилась комплексная токсиколого-гигиеническая оценка различных видов современных теплоизоляционных материалов и обоснование критериев их безопасного применения в обычных условиях эксплуатации и при возникновении чрезвычайных ситуаций (пожаров).

#### Материалы и методы исследования

При выполнении данной работы была проведена оценка 36 образцов материалов, относящихся к различным видам ТИМ. Выбор методов исследования аргументирован основными требованиями, изложенными в действующем в Украине СанПИН “Полімерні та полімервмісні матеріали, вироби і конструкції, що застосовуються у будівництві та виробництві меблів. Гігієнічні вимоги” за № 87/22619 от 9 января 2013 р., а также в ГОСТе 12.1.044-89 и Методических указаниях МВ 8.8.2.4-127-2006 [16 — 18].

Химико-аналитические исследования миграции химических веществ в

контактирующую среду (воздух) и состава токсичных продуктов горения (ТПГ) проведены с использованием газохроматографических и фотометрических методов анализа [19]. В работе использовано следующее оборудование: хроматографы «Кристаллюкс-4000» с пламенно-ионизационным, электронозахватным и термоионным детекторами, а также хроматограф «ЦВЕТ-106» с детектором по теплопроводности. В первом варианте для определения органических летучих компонентов использовали металлические насадочные и капиллярные колонки с фазами разной полярности (15 % трикрезилфосфат на хроматоне N-AW-DMCS и 5 % SE на хромосорбе N-AW) в режиме программирования температуры. Газ-носитель — азот с расходом 25-30 см<sup>3</sup>/мин. Прием и обработка хроматографического сигнала выполнялась с помощью программного обеспечения «NetChrom V 1.5». Для определения оксида углерода (II-CO) и оксида углерода (IV-CO<sub>2</sub>) были использованы набивные колонки длиной 2 м, заполненные цеолитом CaA и Tепах, газ-носитель — гелий (скорость потока 10-15 см<sup>3</sup>/мин). Концентрации формальдегида в воздухе определяли по реакции с ацетилацетоном на спектрофотометре APEL PD-303UV (Япония) [20].

Исследования токсичности продуктов горения проведены на специальной экспериментальной установке в режимах термоокислительной деструкции (450 °C) и пламенного горения (750 °C) [18]. Эксперименты выполнены согласно требованиям, изложенным в Европейской конвенции по работе с лабораторными животными для экспериментальных и научных целей [21].

Для расчета показателя  $NCL_{50}$  использовали метод пробит-анализа. Исследования проведены на мышах массой 20-22 гр, каждая серия опытов включала не менее чем 5 групп животных по 10 особей в каждой [18]. Учитывали про-

цент гибели животных и определяли содержание в крови карбоксигемоглобина (COHb), поскольку концентрация CO в камере коррелирует с уровнем COHb в крови [22].

Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием стандартного пакета программного приложения Microsoft® Office Excel 2003 (лицензионный № 74017-640-0000106-57490).

### Результаты исследования

За период 2002-2017 годы проведена токсиколого-гигиеническая оценка, включающая и токсичность продуктов горения, более 1000 наименований полимерных материалов различного назначения, среди которых доля ТИМов составили около 9,8 %. На рынке Украины ТИМы были представлены отечественными и зарубежными производителями практически в одинаковом соотношении — 1,1:1, соответственно.

Среди исследованных ТИМов доля пенополистирола (ППС) составила 17,5 %, волокнистых утеплителей — 21,4 % (около 2/3 приходилось на каменную вату, и по 1/6 на стекловату и волокнистые синтетические материалы), пенополиуретана (ППУ) — 15,5 %, вспененный полиэтилен (ВПЭ) — 10,7 %, вспененный каучук (ВК) — 5,7 %, другие (древесно-стружечные панели, гипсокартон, теплоизоляционные смеси и составы) — 11,6 %. В натуральных условиях на специально оборудованном полигоне совместно со специалистами Института гражданской защиты (г. Киев) было испытано 17,5 % утеплителей в составе фасадных систем.

Нами проведена также оценка динамики поступления на исследования, и соответственно ввоза на рынки Украины, различных видов ТИМ по годам (рис. 2). Как показывает анализ данных, представленных на рис. 2, наибольшее количество испытаний ППС пришлось на

2005-2007 и 2011-2013 гг. Это обусловлено, в первом случае, с введением обязательной сертификации продукции, ввозимой или произведенной на территории Украины, а во втором — с активацией направления по энергосберегающим технологиям. На 2005-2007 гг приходится и активная фаза натурных исследований в условиях полигона ТИМ различных видов в составе фасадного утепления. Наибольшее количество исследований утеплителей из волокнистых материалов было выполнено в период 2011-2013 гг. Такая же направленность наблюдалась и для вспененного каучука. Наибольшее число исследований для ППЭ и ППУ было выполнено до 2007 г.

Безопасность полимерных материалов, в том числе ТИМов, охватывает несколько этапов, начиная от стадии синтеза сырья, переработки в изделия (условия производства), установки (или нанесения), эксплуатации (обычные условия, чрезвычайные ситуации) и поведения с отходами.

Таким образом, первой позицией с точки зрения безопасности, является гигиена труда при изготовлении полимерных утеплителей и их монтаже на строительных объектах. В первую очередь это относится к химической опасности, которая может возникать при миграции компонентов в воздух рабочей зоны, а при длительной эксплуатации — в атмосферу (табл. 2). Как видно из представленных данных, в воздух рабочей зоны могут попадать химические вещества, относящиеся к различным классам опасности, обладающие различной биологической активностью и токсическими свойствами. Однако ни в одном случае превышения норматива по ПДК рз для исследованных материалов не выявлено.

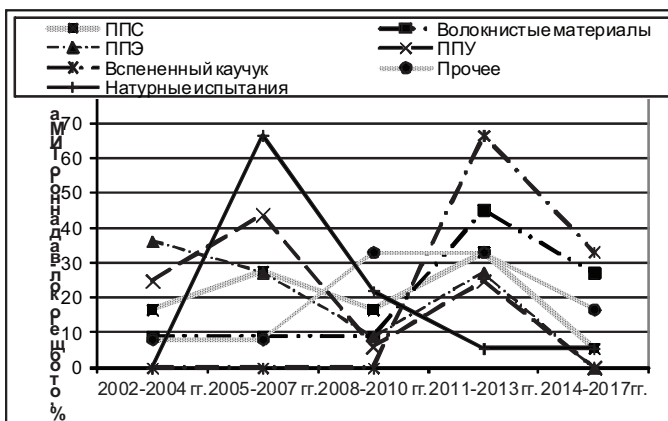


Рис. 2. Динамика поступления различных видов материалов на исследование за 2002-2016 гг.

Современные производства по изготовлению полимерных и синтетических материалов, сертифицированные согласно стандартам ISO, оснащены новым оборудованием и эффективной приточно-вытяжной вентиляцией, рабочие обеспечены средствами индивидуальной защиты, что исключает попадание газообразных продуктов в зону дыхания работников и на кожные покровы в опасных количествах, за исключением случаев возникновения чрезвычайных (аварийных) ситуаций.

Обращение с материалами на основе полимеров (ППС, ППЭ, каучуком) не представляет опасности для здоровья во время транспортировки, монтажа, использования и демонтажа, поскольку они не радиоактивны, не содержат опасных волокон и из них не мигрируют опасные для здоровья компоненты в эффективных концентрациях. Они могут обрабатываться и резаться, не вызывая раздражения дыхательных путей, конъюнктивы глаз и кожных покровов. Это существенно упростило перечень средств индивидуальной защиты при монтаже конструкций из ПМ и снизило затраты на их приобретение.

При работе с минераловатными изделиями возникает другой вид опасности, связанный с аэрозольным загрязнением воздуха в виде мелких волокон.



Таблица 2 защиты органов дыхания и глаз, использовать специальные защитные костюмы и перчатки. На заводах, производящих минвату, рабочие обязаны регулярно проходить медосмотры, в первую очередь, у отоларинголога, дерматолога, пульмонолога, окулиста. Чаще всего у работников встречаются заболевания кожи (дерматит) и переднего отдела глаз, поражения верхних дыхательных путей (ринит, фарингит, ларингит). В США и Европе проводилось изучение смертности среди рабочих предприятий по выпуску минваты и стекловолокна [24]. Выявлена тенденция роста заболеваемости раком легких в зависимости от продолжительности стажа работы на вредном производстве [25].

Основные компоненты, мигрирующие в модельные среды (воздух) из полимерных материалов (соотношение 1м<sup>2</sup>: м<sup>3</sup>, температура экспозиции 40 °С, время экспозиции 7 суток)

Наименование компонентов	Диапазон концентраций, мг/м <sup>3</sup>	ПДК р.з., мг/м <sup>3</sup> (м.р./с.с.)/класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76	ПДК атм.в. мг/м <sup>3</sup> (м.р./с.с.)/класс опасности	Особенности токсического действия по ГОСТ 12.1.005-88
<b>ППС</b>				
ацетон	0,01-0,32	200 / 4 класс	0,35/- / 4 класс	рефлект.
гексан	0,03-10,6	300 / 4 класс	60/- / 4 класс	рефлект.
бензол	0,001-0,02	15/5,0 / 3 класс	0,3 / 0,2 / 2 класс	К, резорб.
кумол	0,11-0,25	150/50 / 4 класс	0,014 / - / 4 класс	рефлект.
стирол	0,02-2,9	10 / 3 класс	0,02 / - / 2 класс	рефлект.
толуол	0,01-0,02	150/50 / 3 класс	0,6 / - / 3 класс	рефлект.
формальдегид	0,026-0,08	0,5 / 2 класс	0,035/0,003 / 2 класс	+, О, А, рефлект.-резорб.
этилбензол	0,02-0,55	50 / 3 класс	0,02 / - / 3 класс	рефлект.
<b>Волокнистые утеплители</b>				
фенол	0,04-0,35	0,3 / 2 класс	0,01/0,003 / 2 класс	+, рефлект.-резорб.
формальдегид	0,24-0,54	0,5 / 2 класс	0,035/0,003 / 2 класс	+, О, А, рефлект.-резорб.
<b>ППЭ</b>				
ацетон	0,16-0,30	200 / 4 класс	0,35 / - / 4 класс	рефлект.
ксилол	0,04-0,12	50 / 3 класс	0,2 / - / 3 класс	рефлект.
<b>Каучуки</b>				
сумма предельных углеводородов С1-С10	0,1-1,1	300 / 4 класс	60 / - / 4 класс	рефлект.
бензол	0,02-0,06	15/5,0 / 3 класс	0,3/0,2 / 2 класс	К, резорб.
стирол	0,04-0,10	10 / 3 класс	0,02 / - / 2 класс	рефлект.
толуол	0,04-0,09	150/50 / 3 класс	0,6 / - / 3 класс	рефлект.
этилацетат	0,03-0,39	200/50 / 4 класс	0,1 / - / 4 класс	рефлект.
формальдегид	0,08-0,27	0,5 / 2 класс	0,035/0,003 / 2 класс	+, О, А, рефлект.-резорб.
<b>ППУ</b>				
сумма предельных углеводородов С1-С10	11,9-24,6	300 / 4 класс	60 / - / 4 класс	рефлект.
этилацетат	0,03-0,09	200/50 / 4 класс	0,1 / - / 4 класс	+, рефлект.
этиленгликоль	0,08-1,9	10/5,0 / 2 класс	1,0 / - / 2 класс	рефлект.-резорб.
бензол	0,22-0,34	15/5,0 / 2 класс	0,3/0,2 / 2 класс	К, резорб.
толуол	0,01-0,16	150/50 / 3 класс	0,6 / - / 3 класс	рефлект.
ксилол	0,03-0,12	50 / 3 класс	0,2 / - / 3 класс	рефлект.
формальдегид	0,011-0,094	0,5 / 2 класс	0,035/0,003 / 2 класс	+, О, А, рефлект.-резорб.

**Примечание:** К — канцерогенное действие; О — вещества остронаправленного действия; А — аллергическое действие; + — требуется специальная защита кожи и глаз при контакте с веществами, обладающими раздражающим действием. Лимитирующие показатели вредности: резорб. — резорбтивный, рефл.-резорб. — рефлекторно-резорбтивный.

Наибольшую угрозу минеральная вата несет дыхательным органам человека: волоконная пыль, попадая в легкие и задерживаясь там, может стать причиной онкологических заболеваний [23]. Поэтому работники предприятий по производству и установке ТИМ из минеральных волокон должны пользоваться специальными средствами индивидуальной

защиты органов дыхания и глаз, использовать специальные защитные костюмы и перчатки. На заводах, производящих минвату, рабочие обязаны регулярно проходить медосмотры, в первую очередь, у отоларинголога, дерматолога, пульмонолога, окулиста. Чаще всего у работников встречаются заболевания кожи (дерматит) и переднего отдела глаз, поражения верхних дыхательных путей (ринит, фарингит, ларингит). В США и Европе проводилось изучение смертности среди рабочих предприятий по выпуску минваты и стекловолокна [24]. Выявлена тенденция роста заболеваемости раком легких в зависимости от продолжительности стажа работы на вредном производстве [25].

Согласно списку МАИР волокна стеклянной, каменной и шлаковаты отнесены к группе 3 по степени опасности, а волокна минеральной ваты, изготовленные из огнеупорных керамических волокон и из некоторых видов прерывного стекловолокна, отнесены к группе 2В по степени опасности [26].

В условиях длительной эксплуатации миграция ряда химических компо-

Таблица 3

Результаты химико-аналитических исследований продуктов горения основных представителей ТИМов

Наименование материала	Т исп, °С	Исследуемые компоненты/мг с грамма навески					
		СО	СО <sub>2</sub>	стирол	цианистый водород	формальдегид	фенол
Полиуретановая пена (полиолы/диизоцианат)	400	82 ± 8	311 ± 30	н.о.	0,9 ± 0,1	0,4 ± 0,04	2,1 ± 0,2
	750	70 ± 6	497 ± 50	н.о.	0,4 ± 0,03	н.о.	1,3 ± 0,1
Пенополицианурат IPN	400	200 ± 20	532 ± 53	н.о.*	10,5 ± 1,1	1,9 ± 0,2	н.о.
	750	111 ± 10	782 ± 70	н.о.	4,9 ± 0,5	0,8 ± 0,08	н.о.
Полистирол вспененный	400	68 ± 6	285 ± 29	27,8 ± 2,1	н.о.	0,5 ± 0,04	н.о.
	750	42 ± 4	366 ± 37	2,5 ± 0,2	н.о.	0,1 ± 0,01	н.о.
Вспененный синтетический каучук	400	98 ± 9	180 ± 19	н.о.	0,2 ± 0,02	0,4 ± 0,03	0,2 ± 0,02
	750	76 ± 7	491 ± 49	н.о.	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01
Вспененный полиэтилен	400	75 ± 7	288 ± 28	н.о.	н.о.	0,3 ± 0,02	н.о.
	750	59 ± 6	458 ± 48	н.о.	н.о.	0,2 ± 0,01	н.о.
Стекловата	400	26 ± 2	58 ± 5	н.о.	н.о.	1,5 ± 0,1	2,1 ± 0,2
	750	10 ± 1	74 ± 6	н.о.	н.о.	н.о.	1,4 ± 0,1
Изделие из минеральной ваты на основе базальта	400	31 ± 2	78 ± 8	н.о.	н.о.	0,1 ± 0,01	1,2 ± 0,02
	750	24 ± 1	126 ± 12	н.о.	н.о.	н.о.	0,8 ± 0,01

\*Примечание: н.о. — компонент в составе токсичных продуктов горения не обнаружен

ральные волокна, т.к. прочность изделия при длительной эксплуатации снижается.

При использовании утеплителей из ППЭ в атмосферный воздух длительное время могут мигрировать ацетон, для кучуков лимитирующими компонентами является стирол, толуол, этилацетат и формальдегид (превышение выявлено для 50,0 % образцов), а для ППУ — этиленгликоль, бензол и формальдегид (для 100,0 % образцов). Однако со временем миграция этих веществ из материала

нентов из ТИМ превышает уровни среднесуточных ПДК для атмосферного воздуха. Это в основном зависит от качества сырья, которое использовалось для производства данного вида продукции и технологии производства и сушки (вакуумирования) готовых материалов. Так, для изделий из ППС превышение миграции стирола выявлено для более чем 80,0 % образцов. При соблюдении условий монтажа в качестве фасадного утепления по типу «мокрый фасад», миграция компонентов в окружающую среду минимизируется. Для ТИМов из минеральных волокон в 100 % выявлено превышение норматива ПДКсс для фенола и формальдегида. Данные материалы используются, как в конструкциях «мокрый фасад», так и «вентилируемый фасад» [6]. При этом в окружающую среду могут длительное время мигрировать фенол и формальдегид, а со временем, и мине-

лов существенно снижается, поэтому практически все вопросы в отношении токсичности ТИМ могут возникнуть только при чрезвычайных ситуациях (пожарах).

Одним из основных критериев опасности ТИМов является образование токсичных продуктов горения (ТПГ). В таблице 3 представлены собственные данные, иллюстрирующие качественный и количественный состав образующихся смесей ТПГ основных представителей ТИМов.

Наибольшие уровни образования СО наблюдаются при горении пенополиуретанового утеплителя — до 200,0 мг/г материала, далее идут полиуретановая пена, вспененный полистирол, полиэтилен, синтетический каучук (59,0-98,0) мг/г. Наиболее низкими значениями выделения СО характеризуются стекловата и изделия из минваты на основе базальта

Таблица 4

Результаты токсикологических исследований продуктов горения основных представителей ТИМов

Наименование материала	Температура испытаний, °С	Исследуемые показатели		Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89
		HCL <sub>50</sub> , г/м <sup>3</sup>	СОHb, %	
Полиуретановая пена (полиолы/диизоцианат)	400*	75,9 ± 4,2	54,4 ± 2,6	умеренноопасные
	750	99,3 ± 9,9	58,2 ± 2,9	
Пенополицианурат IPN	400*	42,4 ± 3,9	56,2 ± 2,4	умеренноопасные
	750	61,8 ± 5,7	59,1 ± 2,8	
Полистирол вспененный	400*	82,3 ± 6,3	57,5 ± 2,8	умеренноопасные
	750	128,4 ± 9,3	58,9 ± 2,6	
Вспененный синтетический каучук	400*	75,6 ± 7,0	59,1 ± 3,0	умеренноопасные
	750	103,4 ± 8,7	58,7 ± 2,6	
Вспененный полиэтилен	400*	104,9 ± 8,9	64,6 ± 3,2	умеренноопасные
	750	129,1 ± 9,0	65,0 ± 3,3	
Стекловата	400	Не достигнут	-	малоопасные
	750	Не достигнут	-	
Изделие из минеральной ваты на основе базальта	400	Не достигнут	-	малоопасные
	750	Не достигнут	-	

Примечание: 400\* — температурный режим, при котором ПМ присвоен класс опасности.

(10,0-31,0) мг/г.

При горении полистирольных утеплителей в гигиенически значимых концентрациях в составе газообразных смесей определяется стирол (3 класс опасности), который обладает раздражающим и наркотическим действием. Горение волокнистых утеплителей уже при (300-350) °С сопровождается нарастающим по интенсивности и скорости процессом деструкции фенол-формальдегидного связующего с выделением фенола и формальдегида на уровне (0,8-2,4) мг/г. Эти вещества относятся ко второму классу опасности (высоко опасные), обладают раздражающим действием, а формальдегид также относится к канцерогенам. Ранее минвату считали безопасным материалом, однако в последние десятилетия появились публикации о загрязнении воздуха минеральными волокнами при пожарах в зданиях, где

такие волокнистые материалы входят в состав строительных конструкций. В таблице 4 представлены собственные данные по результатам токсикологических исследований и оценке интегрального показателя токсичности (HCL<sub>50</sub>).

Как видно из представленных данных, все полимерные материалы вошли в класс умеренно опасные, а изделия из стекловаты и минеральной ваты — в класс малоопасные. Ретроспективный анализ исследования ТИМов за 2002-2017 год показал более

конкретизированную тенденцию распределения материалов по данному показателю. Как видно из полученных данных, представленных на рис. 3, 50,0 % исследованных ППУ попали в класс высокоопасные (2-й класс опасности), и 50,0 % было отнесено к классу умеренноопасные (3-й класс).

Такое же соотношение наблюдалось и для температурного режима процесса термодеструкции: 50 % проявили наибольшую токсичность при 400 °С, и 50 % — при 750 °С.

ППС материалы в 77,7 % случаев были отнесены к 3-му классу и одинаково распределились по отношению к температурному режиму — 1:1, при 400 и 750 °С соответственно. 22,3 % ППС изделий были отнесены к 4-му классу (малоопасные), и наибольшую токсичность проявили при 750 °С. Материалы из вспененного полиэтилена в 81,1 % случаев

отнесены к классу умеренноопасные, и по 9,5 % к высоко- и малоопасным. При этом, более 72,2 % проявили токсичность при 750 °С, этому способствовала нанесенная на ПМ защитная алюминиевая пленка, играющая роль отражателя как конвекционного тепла, так и лучистой энергии. Все материалы из каучука попали в класс умеренноопасные, большая часть (2/3) из которых проявляла наибольшую токсичность при 450 °С. ТИМы из волокнистых комплексов в подавляющем количестве исследований отнесены к классу малоопасные, и лишь в 4,5 % случаев — к умеренноопасным.

В условиях натурных широкомасштабных испытаний при использовании полимерных материалов в составе систем фасадного утепления 94,4 % материалов было отнесено к классу малоопасные, что связано с соблюдением условий монтажа и сферы применения данных ТИМ. Немаловажная роль в этом плане также принадлежит и современным ПМ, которые производятся по технологиям, предусматривающим применение специальных химических добавок: фото-, термо- стабилизирующих. Эти добавки значительно увеличивают стойкость материалов к окислительной, термоокислительной и термической деструкции. Например, плиты пенополистирольные ПСБ-С относятся к такому виду материалов (самозахающие, с добавлением антипиренов) [10]. Однако в этой проблеме есть еще один аспект, связанный с токсичностью, — для удовлетворения требований пожарной безопасности композиции «нагружают» антипиренами, которые в последнее десятилетие составили целую главу в проблеме безопасности полимерных композиций вообще, и ТИМов, в частности. Масштабные работы в этом направлении, проводимые в разных странах, позволили отказаться

от применения наиболее токсичных антипиренов (бромэфиров), которые известны как опасные нейротоксиканты и эндокринные дизрапторы. С 2015 года на территории Евросоюза запрещен выпуск и применения гексабромциклодекана, ранее широко используемого в рецептуре многих полимерных материалов, и в частности ППС [27]. Новые антипирены на основе гидридов металлов и фосфорорганических соединений, позитивно сказались на снижении токсичности продуктов горения [28].

В настоящее время волоконная теплоизоляция (ВТИ) многими специалистами априорно признается одной из наиболее эффективных, безотносительно от конкретных материалов, сферы применения и суммы требований по безопасности для здоровья населения и окружающей среды. Это, в первую очередь, относится к применению стекловатых и минераловатных комплексов в качестве теплоизоляции на транспорте. Если по ТПГ эти комплексы являются более выигрышными, что наглядно иллюстрируют представленные в таблице 4 данные, то при этом возникает другой вид опасности, связанный с образованием не только мелкой витающей пыли, но и тенденцией к разрушению макроволокнистой структуры при воздействии вибрации, колебаниях внешних температур и под действием факторов старения. Поэтому необходимыми являются иссле-

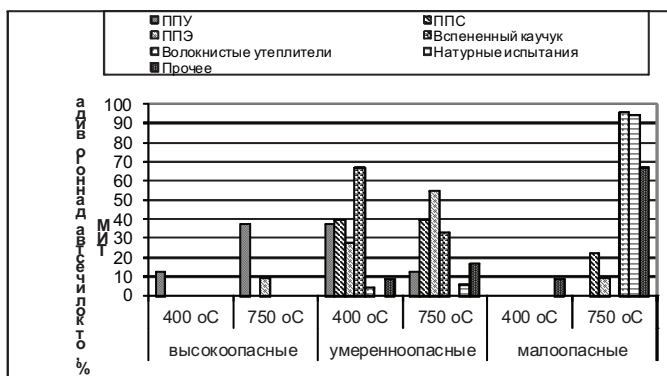


Рис. 3. Распределение ТИМ, прошедших исследования на протяжении 2002-2016 гг., по классам опасности согласно ГОСТ 12.1.044-89.

дования по сохранению волокнистыми материалами значений основных параметров, эксплуатационной надежности, а также поиск путей и способов снижения пылеобразования материалами, содержащими минеральные волокна, при воздействии вибрации.

Позиция о безопасности волокнистых ТИМов является весьма уязвимой, поскольку в научной литературе уже на протяжении трех десятилетий накапливается все больше данных о канцерогенных свойствах природных волокнистых материалов (не только асбеста, но и других). Наиболее трудным для решения вопроса о безопасности или степени опасности волокнистых материалов является аспект, связанный с поиском объективных биомаркеров и определением диапазона структурных характеристик материала, в котором могут проявляться опасные для здоровья человека свойства. Наиболее близко подошли к его решению в Германии, где введен закон об обязательном тестировании минераловатных ТИМ на лабораторных животных и действует Стандарт TRGS 905, по которому волокна при пылеобразовании должны укладываться в требования «KI-40» по двум критериям. Стекловолоконным и каменным волокнам присваивается индекс KI, свидетельствующий о степени их онкологической опасности, обусловленной их химическим составом, основой которого являются оксиды с различной степенью растворимости. Волокна с индексом KI меньше 30 считаются опасными, при KI между 30 и 40 возможность рака не исключается, при значениях равных и больше 40 канцерогенез исключается. Биорастворимость должна быть сравнима с гипсовым волокном [29].

Исходя из вышеизложенного, вопросы безопасности для здоровья человека и окружающей среды различных видов теплоизоляционных материалов до сего времени остаются еще недостаточно

изученными, что требует проведения дальнейших исследований, разработки и обоснования дополнительных критериев их безопасной эксплуатации на объектах с учетом сферы их применения.

### Выводы

1. В решении задач энергосбережения в Украине, как и в других странах мира, одно из важнейших мест занимает теплоизоляция зданий, промышленных сооружений, транспортных средств, трубопроводов и других сооружений. Эта задача решается путем применения нескольких видов теплоизоляционных материалов на вспененной и волокнистой основе.
2. Широкий ассортимент материалов и разнообразие физико-химических, технологических, защитных и опасных свойств требуют осуществления мер по их стандартизации, контролю и дифференцированной сфере применения.
3. Несмотря на повышенную, по сравнению с волокнистыми материалами, пожароопасность вспененных теплоизоляционных материалов, они существенно выигрывают у волокнистых теплоизоляционных материалов в плане технологичности, уровня пылеобразования и канцерогенности, а также выделения токсичных компонентов в штатных условиях эксплуатации изделий и покрытий.
4. Интенсивно проводимые исследования и появление образцов новых перспективных материалов этой группы, работы по снижению их воспламеняемости и горючести, вселяют оптимизм в плане кардинального решения вопросов безопасности данной группы ТИМов в ближайшем обозримом будущем.

### Литература

1. Закон України «Про енергозбереження». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994. — № 30. — С. 283. Режим доступу

- до файла: [<http://saee.gov.ua/uk/regulations>].
2. Постанова КМУ «Про затвердження Положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України» від 26 листопада 2014 р. № 676, Київ. Із змінами № 4 від 14.01.2015. Режим доступу до файла: [<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-%D0%BF>].
  3. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. Розпорядження КМ України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р. Режим доступу до файла: [<http://saee.gov.ua/uk/regulations>].
  4. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017. — № 33. — С. 359) Режим доступу до файла: [<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2118-19/page>].
  5. Щербак А.С. Исследование свойств современных теплоизоляционных материалов / А.С. Щербак / Наука та прогрес транспорту. — 2013. — № 2 (44), — С. 136-143.
  6. Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд / В.А. Лисенко, В.Г. Суханов, Ю.О. Закорчменний, С.Є. Верьовкін — Одеса: «Optimum», 2015. — 254 с.
  7. Змачинский А.Э. Основы энергосбережения в строительстве / А.Э. Змачинский, О.Г. Галузо — Минск: БНТУ — 2007. — 227 с.
  8. ДСТУ Б ГОСТ 16381: 2011 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования (ГОСТ 16381-77, ИДТ). Действующий с 01.12.2012. Режим доступа к файлу: [[http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=28155](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28155)].
  9. Панасюк М.В. Кровельные материалы. Практическое руководство. Характеристики и технологии монтажа новых и новейших гидроизоляционных, теплоизоляционных, пароизоляционных материалов / М.В. Панасюк — Ростов на Дону: Феникс, 2005. — 448 с.
  10. Пахаренко В.А. Переработка полимерных композиционных материалов / В.А. Пахаренко, Р.А. Яковлева, А.В. Пахаренко — К.: Воля, 2006 г. — 550 с.
  11. ДСТУ Б В.2.7-318: 2016 Вата минеральная. Технические условия. Введен в действие с 01.07.2017. Режим доступа к файлу: [[http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=65039](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=65039)]
  12. Состояние рынка теплоизоляционных материалов в Украине WWW.KAPSTROY.KIEV.UA №7-8 2017, С. 46-52. Режим доступа к файлу: [[http://aspp.com.ua/files/ks-\\_7-8-2017\\_tim.pdf](http://aspp.com.ua/files/ks-_7-8-2017_tim.pdf)].
  13. Гигиена и токсикология высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза. Материалы IV Всесоюзной конференции. Под общ. Ред. Проф. С.А. Данишевского. Изд.: «Химия», Ленинградское отд., 1969. — 245 с.
  14. Гигиена применения полимерных материалов в строительстве. Материалы Первого Всесоюзного совещания по вопросам санитарно-гигиенического контроля за применением полимерных материалов в строительстве, Киев, 7-9 июля 1972 г. — К., 1973. — 233 с.
  15. Глуховский В.Д. Основы технологии отделочных тепло- и гидроизоляционных материалов / В.Д. Глуховский, Р.Ф. Рунова, Л.А. Шейнич, А.Г. Гелевера. — К.: Вища школа, 1986 — 303 с.
  16. СаНПІН «Полімерні та полімервмісні матеріали, вироби і конструкції, що застосовуються у будівництві та виробництві меблів. Гігієнічні вимоги» за № 87/22619 від 9 січня 2013 р. Режим доступу до файла: [<http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0087-13>]
  17. ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». Режим доступа к файлу: [<http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89>].
  18. МВ 8.8.2.4-127-2006 Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів. Видання офіційне. — Одеса-2006. — 128 с.
  19. Перегуд Е.А. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы / Е.А. Перегуд, Д.О. Горелик. — Л.: Химия, 1981. — 326 с.
  20. Методические указания по фотометри-

- ческому измерению концентраций формальдегида в воздухе рабочей зоны. МВ вып. 11, № 4524-87, 1988. Режим доступа к файлу: [http://docs.cntd.ru/document/1200042565].
21. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. — Council of Europe, Strasbourg, 1986. — 53 p.
  22. Третьякова Е. В. Токсикокинетика окиси углерода в продуктах горения полимеров / Е. В. Третьякова, Н. Г. Селиваненко, Л. М. Шафран // Гігієна населених місць. — 2004. — Вип. 44. — С. 193–199.
  23. Environmental factors and human health: fibrous and particulate substance-induced immunological disorders and construction of a health-promoting living environment / T. Otsuki, H. Matsuzaki, S. Lee et al. // Environmental Health Preventiv Medicine. — 2016. — Vol. 21. — No. 2. — P. 71-81.
  24. Occupational cancer in Britain. Exposure assessment methodology / M. Van Tongeren, AS. Jimenez, S.J. Hutchings et al. // British Journal of Cancer. — 2012. — Vol.107. — P. 18-26.
  25. Lippmann M. Toxicological and epidemiological studies on effects of airborne fibers: coherence and public [corrected] health implications / M. Lippmann // Critical Reviews Toxicology. — 2014. — Vol. 44. — Iss. 8. — P. 643-695.
  26. IARC Monographs on the Evaluation of Cacinogenic risks to Humans / Режим доступа к файлу: https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/
  27. Identification of risks from exposure to endocrine-disrupting chemicals at the country level [Electronic resource] // World Health Organization. Regional Office for Europe [Official website] URL: [http://www.euro.who.int/\_\_data/assets/pdf\_file/0008/245744/Identification-of-risksfrom-exposure-to-ENDOCRINE-DISRUPTING-CHEMICALS-at-the-country-level.pdf] (accessed: 01.01.2016).
  28. Леонова Д.И. Роль антипиренов в токсичности продуктов горения полимерных материалов / Д.И. Леонова // Актуальные проблемы транспортной медицины. — 2010. — № 3 (21). — С. 121-131.
  29. TRGS 905. Technische Regeln für Gefahrstoffe Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe. Режим доступа к файлу: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-905.pdf?\_\_blob=publication-File].

### References

1. Law of Ukraine “On Energy Saving”. Information from the Verkhovna Rada of Ukraine (VVR), 1994. — No. 30. — P. 283. File access mode: [http://saee.gov.ua/ru/regulations]. (Ukr)
2. CMU Resolution “On Approval of the Regulation on the State Agency for Energy Efficiency and Energy Conservation of Ukraine” dated November 26, 2014, No. 676, Kiev. With changes No. 4 dated January 14, 2015 File access mode: [http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-%D0%BF].
3. National Action Plan for Energy Efficiency until 2020. The Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine; dated November 25, 2015, — No. 1228-p. File access mode: [http://saee.gov.ua/uk/regulations].
4. The Law of Ukraine “On the Energy Efficiency of Buildings” (Vedomosti Verkhovnoy Rady (VVD), 2017. — No. 33. — P. 359) File access mode: [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2118-19/page]. (Ukr)
5. Shcherbak AS Investigation of properties of modern heat-insulating materials / AS Scherbak / Science and progress of transport. — 2013. — № 2 (44), — P. 136-143.
6. Architectural and structural energy-efficient shells of buildings and structures / VA Lysenko, VG Sukhanov, Yu.O. Zakorchymny, S.Ye. Verovkin — Odessa: Optimum, 2015 — 254 p. (Ukr)
7. Zmachinsky AE. Fundamentals of energy conservation in construction / A.E. Zmachinsky, O.G. Galuzo — Minsk: BNTU — 2007. — 227 p. (Rus)
8. DSTU B GOST 16381: 2011 Heat-insulating building materials and products. Classification and general technical requirements (GOST 16381-77, IDT). Valid from 01/12/2012. File access mode: [http://online.budstandart.com/en/catalog/doc-page?id\_doc=28155]. (Rus)
9. Panasyuk M.V. Roofing materials. Practical

- guidance. Characteristics and technology of new installation of and waterproofing, heat-insulating, vapor-insulating materials / M.V. Panasyuk — Rostov on Don: Phoenix, 2005. — 448 p. (Rus)
10. Pakharenko VA Processing of polymer composite materials / V.A Pakharenko, RA Yakovleva, A.V. Pakharenko-K.: Will, 2006-550 p. (Rus)
  11. DSTU B V.2.7-318: 2016 Mineral cotton wool. Technical conditions. It was put into operation from 01.07.2017. File access mode: [[http://online.budstandart.com/en/catalog/doc-page.html?id\\_doc=65039](http://online.budstandart.com/en/catalog/doc-page.html?id_doc=65039)] (Rus)
  12. The state of the market for heat-insulating materials in Ukraine WWW.KAPSTROY.KIEV.UA №7-8 2017, — P. 46-52. File access mode: [[http://aspp.com.ua/files/ks-\\_7-8-2017\\_tim.pdf](http://aspp.com.ua/files/ks-_7-8-2017_tim.pdf)] (Ukr)
  13. Hygiene and toxicology of macromolecular compounds and chemical raw materials used for their synthesis. Materials of the Fourth All-Union Conference. Under the Society. Ed. Prof. S.A Danishevsky. — L.: Publ.: "Chemistry", Leningradsky Dep., 1969. — 245 p. (Rus)
  14. Hygiene of the use of polymeric materials in construction. Proceedings of the First All-Union Meeting on the Sanitary and Hygienic Control over the Use of Polymer Materials in Construction, Kiev, 7-9 July 1972 — K., 1973. — 233 p. (Rus)
  15. Glukhovskiy V.D. Fundamentals of technology for finishing heat and waterproofing materials / V.D. Glukhovskiy, R.F. Runova, L.A. Sheinich, A.G. Helever. — K.: High School, 1986 — 303 p. (Rus)
  16. SANPIN "Polymer and polymer-based materials, products and structures used in the construction and manufacture of furniture. Hygienic requirements" No. 87/22619 of January 9, 2013. File access mode: [<http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0087-13>]. (Ukr)
  17. GOST 12.1.044-89 "SSBT. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods for their determination " (Rus). File access mode: [<http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89>].
  18. MG (Metodic guidelines) 8.8.2.4-127-2006 Definition and hygienic estimation of polymeric materials combustion products toxicity. Official edition. — Odessa-2006. — 128 p. (Rus)
  19. Peregud E.A Instrumental methods for controlling atmospheric pollution / E.A Peregood, D.O. Gorelik. — L.: Chemistry, 1981. — 326 p. (Rus)
  20. Methodical guidelines for photometric measurement of formaldehyde concentrations in the air of the working area MG Issue 11, No. 4524-87, 1988. File access mode: [<http://docs.cntd.ru/document/1200042565>]. (Rus)
  21. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. — Council of Europe, Strasbourg, 1986. — 53 p.
  22. Tretyakova E.V. Toxicokinetics of carbon monoxide in combustion products of polymers / E.V. Tretyakova, N.G. Selivanenko, L.M. Saffron // Hygiene of inhabited places. — 2004. — Iss. 44. — P. 193-199. (Rus)
  23. Environmental factors and human health: fibrous and particulate substance-induced immunological disorders and construction of a health-promoting living environment / T. Otsuki, H. Matsuzaki, S. Lee et al. // Environmental Health Preventiv Medicine. — 2016. — Vol. 21. — No. 2. — P. 71-81.
  24. Occupational cancer in Britain. Exposure assessment methodology./M. Van Tongeren, AS. Jimenez, SJ. Hutchings et al. // British Journal of Cancer. — 2012. — Vol. 107. — P. 18-26.
  25. Lippmann M. Toxicological and epidemiological studies on effects of airborne fibers: coherence and public [corrected] health implications / M. Lippmann // Critical Reviews of Toxicology. — 2014. — Vol. 44.- No. 8. — P. 643-695.
  26. IARC Monographs on the Evaluation of Cacinogenic risks to Humans. File access mode: [<https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc>].
  27. Identification of risks from exposure to endocrine-disrupting chemicals at the country level [Electronic resource] // World Health Organization. Regional Office for Europe [Official website] URL: [[http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0008/245744/Identification-of-risksfrom-exposure-to-ENDOCRINE-DISRUPTING-](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0008/245744/Identification-of-risksfrom-exposure-to-ENDOCRINE-DISRUPTING-)



- CHEMICALS-at-the-country-level.pdf] (accessed: 01.01.2016).
28. Leonova D.I. The role of fire retardants in the toxicity of combustion products of polymeric materials / D.I. Leonova // Actual problems of transport medicine, 2010. — No. 3 (21). — P. 121-131. (Rus)
29. TRHS 905. Technical rules for hazardous substances List of carcinogenic, germ cell mutagenic or reprotoxic substances (German). File access mode: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-905.pdf?\_\_blob=publicationFile]
- Впервые поступила в редакцию 25.07.2018 г.  
Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования*

УДК 615.322: 615.276: 615.012.6: 616-002.197

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1434324>

### **ФАРМАКОЛОГІЧНА ДІЯ МАЗІ З ЕКСТРАКТУ ZINGIBER OFFICINALE ЗА УМОВ АЛІЛІЗОТІОЦІНАТ-ІНДУКОВАНОГО ЗАПАЛЕННЯ**

**<sup>1</sup>Еберле Л.В., <sup>1,2</sup>Коберник А.О., <sup>1,2</sup>Кравченко І.А.**

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса

<sup>2</sup>Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

*lidaeberle@gmail.com*

### **ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ МАЗИ С ЭКСТРАКТОМ ZINGIBER OFFICINALE В УСЛОВИЯХ АЛИЛИЗОТИОЦИНАТ-ИНДУЦИРОВАННОГО ВОСПАЛЕНИЯ**

**<sup>1</sup>Эберле Л.В., <sup>1,2</sup>Коберник А.А., <sup>1,2</sup>Кравченко И.А.**

<sup>1</sup>Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, г. Одесса

<sup>2</sup>Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

### **PHARMACOLOGICAL ACTIVITY OF OINTMENT BASED ON ZINGIBER OFFICINALE EXTRACT UNDER CONDITIONS OF ALLYL ISOTHIOCYANATE-INDUCED INFLAMMATION**

**<sup>1</sup>Eberle L., <sup>1,2</sup>Kobernik A., <sup>1,2</sup>Kravchenko I.**

<sup>1</sup>Odessa National University named after I.I. Mechnikov, Odessa.

<sup>2</sup>Odessa National Polytechnic University, Odessa.

#### **Резюме (Summary)**

Досліджено антиексудативну активність густого екстракту кореневища імбиру на моделі алілізотіоціонат-індукованого запалення у щурів. Отримані результати свідчать про виражений протизапальний ефект 0,025 % мазі на основі екстракту імбиру, що підтверджується зниженням динаміки морфологічних показників (об'єму та товщини) уражених кінцівок дослідних тварин.

Механізм протизапальної дії мазі з екстрактом імбиру, згідно літературних даних, пов'язаний із блокуванням TRP-іонних каналів одним із компонентів імбиру — гінгеролом за рахунок ковалентної модифікації залишків цистеїну, внаслідок чого