

## Современные композиционные материалы: перспективы и риски применения их в области комплексной безопасности и гражданской обороны

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75

© Технологии гражданской безопасности, 2023

Г.В. Талалаева, С.Н. Пазникова

### Аннотация

Выполнен наукометрический анализ базы данных РИНЦ по теме композиционных материалов с глубиной поиска 42 года (с 1980 по 2022 год). Особое внимание уделено периоду импортозамещения, реализуемого под влиянием экономических санкций и разрыва поставок сырья с 2011 по 2022 год. Установлен поэтапный переход к интересам исследователей: с композитов, созданных на сырье из природных волокон, к композитам, создаваемым на основе синтетических волокон и нанотехнологий. Зафиксировано расширение сфер применения композиционных материалов на новые сферы народного хозяйства, включая современные беспилотники и средства дистанционного мониторинга. Обоснован тезис нарастания рисков для технологической, транспортной и экологической безопасности населения и территорий в связи с усложнением процессов производства современных композитов. Сформулировано предложение о включении этой темы в систему повышения квалификации пожарных и спасателей, а также в организацию профилактических мероприятий с населением в системе гражданской обороны.

**Ключевые слова:** композиционные материалы; технологическая безопасность; импортозамещение; ненасыщенные полиэфирные смолы; триметилхлорсилан.

## Modern Composite Materials: Prospects and Risks of Application in the Field of Integrated Security and Civil Defense

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75

© Civil Security Technology, 2023

G. Talalaeva, S. Paznikova

### Abstract

A scientometric analysis of the RSCI database on the topic of composite materials with a search depth of 42 years, from 1980 to 2022, was performed. Special attention is paid to the period of import substitution implemented under the influence of economic sanctions and the disruption of raw materials supplies from 2011 to 2022. A step-by-step transition has been established in the interests of researchers from composites created on raw materials from natural fibers to composites created on the basis of synthetic fibers and nanotechnologies. The expansion of the composite materials application to the new spheres of national economy, including modern drones and remote monitoring facilities, has been recorded. The thesis of increasing risks for technological, transport and environmental safety of the population and territories due to the complication of modern composites production processes is substantiated. A proposal has been formulated to include this topic in the system of advanced training of firefighters and rescuers, as well as in the organization of preventive measures with the population in the civil defense system.

**Key words:** composite materials; technological safety; import substitution; unsaturated polyester resins; trimethylchlorosilane.

## Введение

Совершенствование системы гражданской обороны и обеспечение комплексной безопасности населения и территорий Российской Федерации требуют пристального внимания специалистов МЧС России к прорывным направлениям научно-технического прогресса. На современном этапе развития науки и техники особое значение приобретают достижения в области цифровых технологий и материаловедения, в частности, создания новых композиционных материалов с заданными свойствами.

Актуальность работ в указанном направлении следует из Указа Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями от 15 марта 2021 г.) [1]. Пункт 20-а фиксирует, что: «В ближайшие 10–15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать... переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам». 8 февраля 2023 года Президент Российской Федерации В. В. Путин в режиме видеоконференции провел заседание Совета по науке и образованию, посвященное реализации стратегических инициатив в научно-технической сфере, на котором также подчеркнул важное значение производства отечественных композиционных материалов для обеспечения безопасности страны и отметил следующее: «Образован специальный орган при Правительстве — Комиссия по научно-технологическому развитию, первоочередная задача которой — координация действий министерств, ведомств ..., результатом должны стать ... строительство и эксплуатация крупных исследовательских установок мирового уровня, что позволит, в том числе, создавать новые лекарства, материалы... На таких значимых для развития страны направлениях концентрируем возможности федерального бюджета и наших компаний»<sup>1</sup>.

Совершенствование технологической базы производства современных композиционных материалов в формате импортозамещения является ответственной задачей, включает в себя: обеспечение безопасности научно-технических разработок новых материалов, их транспортировку; хранение, использование по назначению и утилизацию. Каждая из этих составляющих является комплексной задачей и требует особых подходов к организации охраны труда; тактике ликвидации пожаров, утечки химических веществ и других чрезвычайных ситуаций; заблаговременной подготовке пожарных и спасателей к работе с химически опасными соединениями; организации профилактической работы с населением, направленной на формирование безопасного стиля поведения в районах расположения потенциально

опасных объектов химической промышленности и соответствующей транспортно-логистической инфраструктуры. Необходимость постоянной готовности к локализации такого рода ЧС подтверждают события, связанные с утечкой триметилхлорсилана, который широко применяется в органическом синтезе и для повышения водостойкости композиционных материалов. На станции Свердловск-Сортировочная вблизи г. Екатеринбурга 26 февраля 2023 г.<sup>2</sup> было обнаружено испарение триметилхлорсилана из резервуара с опасным грузом. Представителями ЭКОСПАС проведены работы по устранению неисправности контейнера и своевременно была ликвидирована угроза для людей и окружающей среды.

В связи с изложенным целью настоящей статьи стал обзор современных композиционных материалов с точки зрения их комплексной безопасности, включая:

описание технологической опасности производства композитов;

химическую; физическую, токсическую характеристику сырья и основных компонентов, применяемых при производстве композиционных материалов;

рекомендации по ликвидации утечек композиционных материалов и тактики их пожаротушения в случае возгорания.

## 1. Применение композиционных материалов для целей комплексной безопасности

Сфера применения композиционных материалов охватывает практически все отрасли народного хозяйства, непрерывно расширяется и модернизируется. Этому способствуют: возможность широкого спектра свойств новых материалов, их превосходство над природными материалами по ряду важных свойств, таких как: физико-химические, механические, теплофизические, электрические, оптические качества; повышенная износостойкость, особые виброакустические свойства, огнестойкость и др.<sup>3</sup>; вариативный подход к созданию и производству инновационных материалов с заданными свойствами; разнообразные способы получения композитов, широкий набор основных компонентов (матриц и армирующих волокон). В работе [2, с. 35] показано, что «композиционные материалы широко распространены в строительстве, автомобиле-, судостроении, радиоэлектронике, в производстве предметов быта, спортивного инвентаря. ... Области возможного практического применения ... для нужд МЧС России чрезвычайно разнообразны. Это и гидрофобные ткани для покрытия временных сооружений; и физиологически инертные ткани для медицинских целей, применительно к задачам поисково-спасательных формирований; и огнезащитные ткани для изготовления одежды и средств экипировки пожарно-спасательных

<sup>1</sup> Заседание Совета по науке и образованию. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/70473> (дата обращения: 12.12.2022).

<sup>2</sup> На ж/д станции в Екатеринбурге произошло ЧП с опасным химикатом. <https://www.e1.ru/text/incidents/2023/02/26/72089483/> (дата обращения: 12.12.2022).

<sup>3</sup> Матренин С.В. Композиционные материалы и покрытия на полимерной основе / С.В. Матренин, Б.Б. Овечкин. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 190 с.

команд при работе в экстремальных температурных условиях; транспортные химически и термически стойкие материалы; армирующие стеклоткани для массивных изделий из фторопласта; стойкие в агрессивных средах высокопроизводительные фильтровальные материалы и т.д.). Одна из новых областей применения композиционных материалов в сфере безопасности — использование их в агропромышленном комплексе для уменьшения риска сельскохозяйственных пожаров во время уборочной компании, когда уборочная техника функционирует в отсутствие оператора в формате беспилотника [3, 4]. К инновационной сфере применения композиционных материалов в области комплексной безопасности относится также их использование для совершенствования приборов дистанционного мониторинга и контроля [5].

В соответствии с прогнозом, составленным в 2014 году, в течение ближайших десяти лет «выше 80% материалов будет заменено принципиально новыми (в частности, прогресс ожидается в создании композитных материалов, керамики, материалов для микроэлектроники и др.)» [6, с. 417].

Аналитики отмечают высокие темпы развития мирового рынка композиционных материалов<sup>4</sup>: после 2019 г. темпы ежегодного прироста составили 6,8% и к 2027 г. ожидается достижение объема продаж в размере 112 млрд долл. Наиболее быстрыми темпами последние несколько лет применение композитных материалов отмечается в аэрокосмической отрасли, ветроэнергетике; производстве беспилотников, инфраструктуры для железнодорожного транспорта, подвижных локомотивов, вагонов метро; светопрозрачных конструкций для гражданского строительства, стеклопластиковых труб различного назначения; в военном судостроении (в т.ч. с помощью 3-D печати) при изготовлении минных тральщиков, корветов, стеклопластиковой тары для боеприпасов, стрелкового вооружения.

Таким образом, с каждым годом композиционные материалы все шире внедряются в технологии обеспечения безопасности мирной и военной жизнедеятельности человека. Инновационность и масштабность этого явления привлекают к себе пристальное внимание специалистов в области безопасности.

## 2. Этапы развития химии композитов в современной России

В 1980-е годы СССР занимал третье место в мире по применению композитов, активно формировались научные школы по исследованию механических, огнестойких и термопластических свойств полимерных материалов. В этой работе сильное участие принимали уральские специалисты [7–10]. Однако в 1990-е годы развитие отрасли практически остановилось. Издание справочно-методической литературы, позволяющей оценить свойства композиционных материалов

и выбрать наиболее подходящие из них, практически прекратилось [11]. С начала 2000-х годов основными производителями композитных материалов стали страны: Европейского экономического сообщества (Италия, Германия, Франция); Америки (США, Канада, Бразилия); Япония, Китай, Индия. Для количественной характеристики произошедших изменений в рейтинге стран-производителей полимерных композиционных материалов приведем статистические данные [12]. Согласно цитируемой публикации, в 2020 г. показатель потребления композитов на душу населения (в кг) в Германии был равен 9,1; США — 7,1; Японии — 5,8; Италии — 4,7; Франции — 3,9; России — 0,5.

Наметившийся разрыв между российскими производителями и странами-лидерами в области производства композитов стал сокращаться после принятия программного документа «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года»; был одобрен решением Научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации в декабре 2011 г. [13]. Ускорению темпов восстановления химической отрасли в сфере производства композиционных материалов способствовал Указ Президента РФ от 10 сентября 2014 г. № 627 «О Военно-промышленной комиссии Российской Федерации»<sup>5</sup>. Перед пандемией COVID-19 темпы роста российского рынка композитов достигли 8–10% к уровню предыдущего года, тогда как аналогичный показатель в мире был в 1,5–2 раза ниже и составлял по ряду зарубежных стран 4–6%. В настоящее время в Российской Федерации нарастающими темпами осуществляется процесс импортозамещения композиционных материалов как для мирной, так и военной отрасли. Более того, целеустремленно выполняются научно-исследовательские работы, направленные на получение новых инновационных материалов с заданными свойствами, обеспечивающими защиту населения от электромагнитного и радиационного негативного воздействия. Ярким примером этого является создание в структуре Росатома отдельного подразделения под названием «Композитные материалы», деятельность которого нацелена на решение прикладных задач химии композиционных материалов. Для специалистов в области комплексной безопасности и гражданской защиты Уральского региона важным является то обстоятельство, что в структуру этого подразделения наряду с управляющей компанией АО «НПК «Химпромминжиниринг» (г. Москва), ООО «АЛАБУГА-ВОЛОКНО» (г. Елабуга, Республика Татарстан), ООО «Аргон» (г. Балаково, Саратовская область), входит завод по производству углекомпозитов, карбоволоконитов, теплоизоляционных углеродных материалов ООО «ЗУКМ» (г. Челябинск)<sup>6</sup>.

Реализация технологий импортозамещения, наступившая после почти двух десятилетий стагнации

<sup>4</sup> Глушкова О.И., Лысенко А.А. Рынок полимерных композиционных материалов. Тенденции и перспективы. URL: <https://compositeworld.ru/articles/market/id619fcd4144ab3d001939228c> (дата обращения: 12.12.2023).

<sup>5</sup> Указ Президента РФ от 10 сентября 2014 г. № 627 «О Военно-промышленной комиссии Российской Федерации». URL: <https://base.garant.ru/70736010/> (дата обращения: 12.12.2023).

<sup>6</sup> Композитные материалы. URL: <https://www.rosatom.ru/production/kompozitnye-materialy/> (дата обращения: 12.12.2022).

отрасли по производству композитов, сопровождается созданием новых технологий, производственных площадок, транспортных и логистических схем. Многокомпонентный процесс создания отечественной базы композиционных материалов в формате импортозамещения нуждается в систематизации знаний по вопросам технологической безопасности в области материаловедения в целом и в сфере композиционных материалов в частности. Актуализация знаний по вопросам опасности химических веществ, применяемых для производства композиционных материалов; выполнение требований по охране труда работников, вовлеченных в этот процесс, а также особенностей ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров при производстве и транспортировке композиционных материалов являются важной практической задачей. Решению перечисленных задач, в том числе, способствуют научные публикации, размещенные в базе РИНЦ.

### 3. Перспективы и риски современных композитов по данным публикаций, включенных в базу РИНЦ: материал и метод

Анализ публикаций базы РИНЦ выполнен авторами с использованием поискового запроса «композиционные материалы» за период с 1980 по 2022 год. Установлено, что в 80-е годы ежегодное количество работ, опубликованных по этой тематике, составляло единицы, в 90-е годы увеличилось до десятков; в 2000-е годы измерялось сотнями, а, начиная с 2010 года устойчиво находится в пределах одной-двух тысяч. В частности, в период с 2006 по 2022 год в базу РИНЦ было внесено 27546 публикаций на тему композиционных материалов. Прицельное внимание было уделено публикациям, вышедшим в период с 2011 по 2022 год, когда под влиянием экономических санкций и дефицита сырья отечественная промышленность стала бурными

темпами наращивать и обновлять ассортимент выпускаемых композиционных материалов. Установлено, что выбранные публикации изучены в хронологическом и содержательном плане. Результаты наукометрического поиска за период с 2011 по 2022 год представлены на рисунке.

Анализ полученных данных позволил выявить следующую эволюцию интересов российских исследователей к теме композиционных материалов за указанный интервал времени. В целом отмечен тренд на увеличение интереса исследователей к этой теме. На фоне тренда зафиксирована цикличность публикационной активности авторов с максимумами в 2012–2013 гг., 2015–2017 гг. и в 2021 г.; минимумами в 2014 г. и 2018–2020 гг. В целом за представленный период времени общий тренд количества публикаций носил нарастающий характер.

Содержательный анализ публикаций позволил установить, что каждый из указанных циклов публикационной активности отличался от другого и носил черты уникальности. Так, в 2014 г. опубликована работа [2], в которой предложена принципиально новая технология изготовления стеклополимерного композиционного материала с фторопластовым связующим. Метод основан на операции пропитки стеклотканого наполнителя растворами низкомолекулярного, растворимого в органических растворителях политетрафторэтилена — теломера тетрафторэтилена (ТФЭ). В работе в сравнительном плане представлены результаты создания композиционных материалов, «при получении которых в качестве пропитывающей среды, были выбраны теломеры ТФЭ, синтезированные в растворителях различной химической природы, в частности, во фреоне 113, пентафторхлорбензоле (ПФХБ), хлористом бутиле (ХБ), ацетоне и этилацетате (ЭА)» [2, с. 36], и показано, что по своим показателям термостойкости, морозостойчивости, стойкости в химически агрессивных средах, антифрикционным, антиадгезионным характеристикам

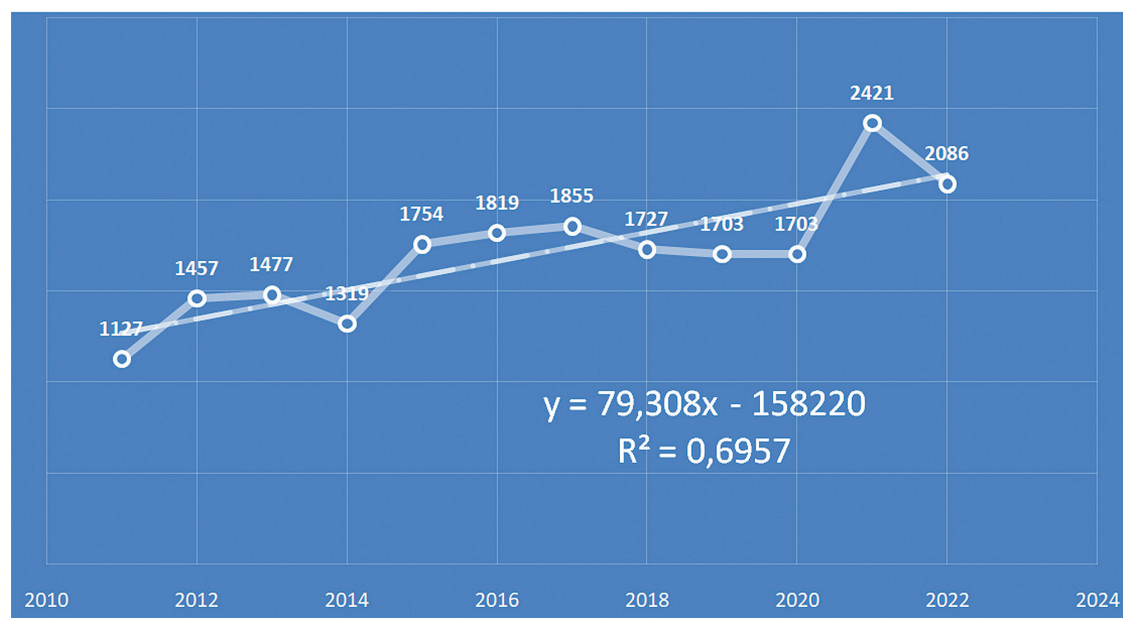


Рис. Динамика количества публикаций по теме композиционных материалов по данным базы РИНЦ за период 2011–2022 гг.



и диэлектрическим параметрам получаемые материалы могут быть использованы для решения задач, входящих в компетенцию МЧС России.

В этот же период в Ижевском государственном техническом университете имени М. Т. Калашникова совместно с сотрудниками ООО «КамАР» были выполнены исследования по изучению устойчивости композиционных материалов к действию экстремальных климатических факторов (влажности, перепадам температур от  $-35$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , УФ-излучению) [14].

На следующей волне интереса к современным композиционным материалам внимание исследователей было сосредоточено на моделировании их свойств путем создания различных вариантов композитов, армированных природными и синтетическими волокнами; в публикациях был представлен опыт применения композиционных материалов в медицинской практике, нефтегазовой промышленности [15–21]. В 2018 г. доминировали исследования, посвященные изучению механических, электрических, термических, огнестойких свойств композиционных материалов, их способности к поглощению, исследованию влияния характеристик армированных волокон и технологий их обработки на проявление выше указанных качеств композитов. К 2018 г. были изучены такие свойства композиционных материалов, как устойчивость к трению, барометрическому давлению, действию температур и т.д.; осуществлялось изучение особенностей структуры композиционных материалов, геометрического строения матрицы и армированных волокон. Были описаны закономерности изменений вышеуказанных свойств композиционных материалов с учетом характера волокон (природных, синтетических), характера добавок, процесса получения композитов (литья под давлением, прессования, прямой экструзии, компаундирования). Было показано, что удельная прочность природных и синтетических волокон (льняных и стекловолокон) примерно одинакова, но природные имеют преимущества по стоимости и низкой плотности. В 2018 г. среди природных компонентов для армирования композиционных материалов были подробно описаны волокна растительного, минерального и животного происхождения. Волокна растительного происхождения включают в себя широкий спектр армированных композиций, применяемых, в том числе, в качестве каркасов для биомедицины, где требуется использование высокопрочных биосовместимых материалов, включая: лубяные волокна (джут, кенаф, рами); волокна из листвы (абака, ананас, синал); семенные волокна (хлопок); волокна из шелухи (кукуруза, рис, пшеница); травяные волокна (бамбук); древесные волокна (мягкая древесина ели и сосны и твердая древесина осины и березы) [22]. «Показано, что добавление монтмориллонита, наноглины, графена, нанотрубок, полифосфата аммония, оксида металла и алюминия диэтилфосфоната значительно улучшает термическую стабильность и огнестойкость композитов, не влияя на их механические свойства и жесткость» [22, с. 302].

В 2019 г. тематика публикаций несколько изменилась, внимание авторов статей сконцентрировалось

на описании характеристик композитных материалов, созданных на основе нанотехнологий [23, 24].

К 2020 г. на основе полученного массива данных сформировался интерес исследователей к целенаправленному созданию композиционных материалов с помощью компьютерного моделирования требуемых свойств, включая термостойкость, огнестойкость, способность к влагопоглощению. На этом хронологическом этапе внимание исследователей было сконцентрировано не только на специфических свойствах волокон, но и самой матрицы композиционных материалов, таких, например, которые применяются для ремонта судовых спасательных средств [25].

С 2020 г. среди ключевых слов в описании работ исследователей стали фигурировать такие слова, как «умные технологии» и компьютерное моделирование композитов с заранее заданными свойствами, в т.ч. акустическими и оптическими. Появились публикации о необходимости широкого внедрения в образовательный процесс вопросов, связанных с получением, изучением свойств и применением нанокompозитов [26].

Таким образом, за анализируемый пятилетний период изучения свойств композиционных материалов по данным публикаций в научных журналах РИНЦ сфера интересов ученых эволюционировала. От описания композитов, созданных на основе природных материалов (растительного, животного происхождения, минерального сырья), она переместилась в сферу моделирования композитов на основе синтетических волокон. Кроме того, фокус исследований переместился с изучения механических свойств композиционных материалов на их оптические качества: на разработку инновационных материалов с заранее заданными параметрами по их устойчивости к действию УФ и значениями коэффициентов преломления в определенных диапазонах электромагнитного спектра; на использование эффекта гистерезиса и гетеронаноструктур при создании новых материалов, предназначенных для минимизации экологических рисков потенциально опасных объектов 27–30].

Смещение интереса ученых от анализа механических свойств композиционных материалов к их оптическим и люминесцентным качествам меняет сферу практического приложения научных разработок в области безопасности.

Обозначенная трансформация интересов экспертов в области материаловедения побудила нас сформулировать следующую идею. На наш взгляд, перспективы изучения композитных материалов могут быть связаны и с созданием наноматериалов с заданными оптическими свойствами. Представляется целесообразным создавать такие строительные материалы, которые позволяют трансформировать биотропный эффект электромагнитного излучения и переводить техногенное электромагнитное излучение из менее благоприятной части спектра в более благоприятную. Настоящая идея заключается в том, чтобы в качестве основы для разработки и создания композиционных материалов использовать добавки, которые: 1) повышают радиозащитные свойства строительных материалов;

2) обладают способностью экранировать электромагнитное излучение; 3) способны трансформировать спектр электромагнитного излучения из одного диапазона в другой: из более опасного с физиологической точки зрения в менее физиологически опасный. Такие вновь созданные материалы, по нашему мнению, будут востребованы во многих сферах науки и техники: при разработке технологических машин и комплексов в атомной энергетике, космических аппаратов; для повышения экологической безопасности строительных материалов, находящихся на территориях с высоким уровнем электромагнитного излучения.

Развитие процесса радиационного повреждения зависит от исходной структуры материала и условий, при которых проводится облучение. Под «условиями облучения» понимают следующие факторы: 1) тип, энергия и спектр бомбардирующих частиц; 2) плотность потока частиц; 3) продолжительность облучения (доза, нейтронный флюэнс); 4) температура облучения; 5) иные внешние воздействия. В основном условия облучения определяются типом установок.

Среди полимеров, обладающих в немодифицированном виде неудовлетворительной стойкостью к УФ-излучению, можно отметить: POM, PC, ABS и PA6/6. PET, PP, HDPE, PA12, PA11, PA6, PES, PPO, PBT считаются достаточно стойкими к УФ-излучению, как и комбинация PC/ABS. Хорошей стойкостью к УФ-излучению обладают PTFE, PVDF, FEP и PEEK. Проблема, вызываемая ультрафиолетом, известна как деградация ультрафиолетом (УФ или ультрафиолетовый свет — это электромагнитное излучение, длина волны которого составляет от 10 до 400 нм). Существует несколько способов избежать разрушения ультрафиолета в пластмассах с помощью стабилизаторов, поглотителей или блокаторов. УФ-стойкость полимера зависит: от структуры самой макромолекулы; от прочности связи между атомами в молекуле, то есть энергии, требуемой для ее разрушения. Многие полимеры, имеющие в структуре своей молекулы ароматическое ядро, способное «демпфировать» и перераспределять энергию воздействия на конкретный участок между соседними звеньями, обычно обладают высокой стойкостью к воздействию ультрафиолета.

Стойкость полимеров к воздействию радиации также зависит от их молекулярного строения. Самой большой устойчивостью обладают полимеры, включающие в состав макромолекулы бензольные ядра, а самой малой — состоящие из алифатических звеньев, содержащие четвертичный атом углерода и атомы галогенов. Ниже приведена градация некоторых полимерных материалов по стойкости к радиационному излучению: полистирол, полиэтилен, полиамиды, ПВХ, ПММА, политетрафторэтилен. Основными показателями, описывающими необратимые изменения механических свойств полимерных материалов при радиационном излучении, являются: предел прочности материала, модуль упругости, предел деформируемости.

Новая сфера применения композитов с заданными радиопротекторными и электромагнитными свойствами, на наш взгляд, перспективна для подготовки специалистов в сфере пожарной, транспортной, технологической и экологической безопасности.

#### 4. Технологические риски производства, транспортировки и утилизации современных композитов

В современных условиях при проектировании производства полимерных композиционных материалов необходимо проводить экологическую оценку производства, эксплуатации и утилизации композитов.

Основную токсичную нагрузку в объеме композита несет полимерная матрица — по-другому связующее или смола. А так как практически всегда стоит задача повышения физических и химических показателей композита при его производстве, преимущественно применяются эпоксидные, эпоксифенольные и фенолформальдегидные смолы. По своей природе и химическому составу указанные смолы относят к 2 классу опасности (высокоопасный) по степени воздействия на человека<sup>7</sup>.

Сотрудниками Пермского национального исследовательского политехнического университета [31] проведены эксперименты по опробованию снижения класса опасности применяемых эпоксидных смол для дальнейшей их утилизации. Была проведена работа по наполнению отходов натуральными компонентами (крахмалом) и кислотами (ортофосфорной кислотой) для перевода связующего в твердое состояние, что привело к получению отходов 3 класса опасности (умеренно опасного).

Кроме того, при выборе компонентов для получения полимерного композиционного материала важную роль играют не только физико-механические и эксплуатационные свойства будущего материала, но и токсичность связующего. Так, например, мелалит превосходит карбамидные пластики по прочности, водо- и теплостойкости, обладает меньшим водопоглощением и красивым внешним видом, но после так называемого меламинового скандала, связанного с токсичностью меламина, применение меламита ограничено [32].

В статье Романенко О. И. и Елисеевой Е. А. [17] представлен обзор данных о современных способах получения полимеров и композитов на их основе. В обзоре проанализированы современные источники литературы о новых методах получения полимеров на основе реакций полимеризации, поликонденсации и модификации полимеров. Отмечена важность учета экологических законов при синтезе полимеров, усовершенствования технологии получения полимерных материалов, безопасных для окружающей среды. Обсуждаются вопросы: внедрения ионных жидкостей при производстве полимеров; подбора пластификаторов; использования золь-гель технологии; применения фуллеренов в реакциях полимеризации, синтеза «экологически чистых полимеров».

<sup>7</sup> Эпоксидные связующие для создания трудногорючих и пожаростойких полимерных композиционных материалов / Т.А. Гребнева, Л.В. Чурсова, Н.Н. Панина, А.В. Орлов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2022. № 11. С. 14-23. DOI 10/31044/1994-6260-2022-0-11-14-23. EDN: ZQKJWM.

Научный обзор Тихомировой В. В. и Смирновой П. С. [33] посвящен полимерным композиционным материалам с древесными наполнителями. Наиболее перспективными и разноплановыми материалами являются древесно-наполненные полимеры (ДНП) и древесно-полимерные композиты (ДПК), характеризующиеся легкостью обработки, широким ассортиментом и большими возможностями по повышению прочности и водопоглощения за счет модификаций. Большое значение имеет возможность производства полимерных композитов с древесными наполнителями с применением отходов. Это позволяет расширить сырьевую базу для производства строительных материалов низкой стоимости, уменьшить степень загрязнения окружающей среды. В этом случае ДНП и ДПК также являются наиболее актуальными материалами, так как могут быть получены только на основе вторичных ресурсов. Интерес для комплексной утилизации отходов представляет и возможность замены терморезистивных связующих на термопластичные при использовании в качестве наполнителей щепы, стружки, коры и других древесных отходов.

Особое внимание с точки зрения технологической и экологической безопасности заслуживают современные компоненты композиционных материалов, применяемых в аэрокосмической промышленности, военном судостроении и средствах дистанционного мониторинга, такие как смолы, отвердители, наполнители для сэндвич-структур, в т. ч. ненасыщенные полиэфирные смолы, эпоксидные смолы, триметилхлорсилан. Такие химические соединения обладают высокой

токсичностью, взрыво- и пожароопасностью и в случае возникновения аварийных ситуаций требуют особой тактики пожаротушения. Пристальным вниманием к соблюдению правил техники безопасности и охраны труда должны сопровождаться также технологические процессы, которые связаны с получением нанокompозитов, т. к. осуществляются с использованием электромагнитных полей технического диапазона, способных негативно влиять на здоровье работников.

#### Выводы и заключение

Проведенный анализ убеждает в актуальности, фундаментальном значении и практической значимости применения композиционных материалов для эффективного решения задач комплексной, транспортной, пожарной, техносферной и экологической безопасности. Современный этап применения композиционных материалов во всех сферах народного хозяйства происходит на фоне усложнения технологий их получения и расширения перечня химических соединений, задействованных в их производстве. Механизм ускоренного развертывания технологий импортозамещения, происходящий сегодня в сфере производства композиционных материалов, чреват дополнительными рисками для населения и территорий в области технологической, транспортной и экологической безопасности. Для предупреждения возможных рисков, действуя на опережение, уже сегодня целесообразно включить тематику композиционных материалов в систему подготовки и повышения квалификации пожарных и спасателей, а также в мероприятия по профилактической работе с населением по линии гражданской обороны.

#### Литература

1. Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями от 15 марта 2021 г.) [Электронный ресурс] // Портал ГАРАНТ.РУ. URL: <https://base.garant.ru/71551998/#friends> (дата обращения: 10.01.2023).
2. Барелко В. В. Новые стеклополимерные композиционные материалы с фторопластовыми наполнителями для нужд МЧС России / В. В. Барелко, Д. П. Кирихин, М. В. Кузнецов // Технологии гражданской безопасности. 2014. Т. 11. № 4(42). С. 34–38. EDN: TAKICF.
3. Pasovets Vladimir, Lakhvich Vyacheslav, Antonenko Maksim, Sidarkov Vyacheslav. Пути предотвращения пожаров на зерноуборочных комбайнах, возникающих за счет выделения тепла в узлах трения // Journal of Civil Protection. 2021. № 5. С. 206–215. DOI: 10.33408/2519–237X.2021.5–2.206 [Электронный ресурс] // Сайт ResearchGate. URL: [https://www.researchgate.net/publication/351912782\\_Puti\\_predotvrasenia\\_pozarov\\_na\\_zernouborocnyh\\_kombajnah\\_voznikausih\\_za\\_schet\\_vydelenia\\_teplo\\_v\\_uzlah\\_trenia](https://www.researchgate.net/publication/351912782_Puti_predotvrasenia_pozarov_na_zernouborocnyh_kombajnah_voznikausih_za_schet_vydelenia_teplo_v_uzlah_trenia) (дата обращения: 12.12.2022).
4. Ласовец В. Н., Ильющенко А. Ф., Ковтун В. А., Плещачевский Ю. М. Порошковые нанокompозиты триботехнического назначения: Монография. Минск: Изд-во КИИ, 2016. 295 с. ISBN 978-985-7094-28-8.
5. II Международная научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение». Памяти академика Н. П. Сажина (РЕДМЕТ-2022): Сборник тезисов. Москва. 23–25 ноября 2022 г. М.: АО «Гиредмет», 2022. 412 с. [Электронный ресурс] // Сайт ГИРЕДМЕТ-РОСАТОМ. URL: <http://redmet.giredmet.ru/wp-content/uploads/2022/11/blok-412-polos.pdf> (дата обращения: 12.12.2022 г.).
6. Дьяконов А. А. Мировые тенденции в области композитных материалов с микро- и нанодисперсными наполнителями // Наука ЮУрГУ: Материалы 66-й Научной конференции. Челябинск, 15–17 апреля 2014 года / Отв. за вып.: С. Д. Ваулин. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. С. 417–424. EDN: TCNJGR.
7. Применение хлорида натрия для снижения токсичности карбаминоформальдегидных смол и древесностружечных плит на их основе / В. М. Балакин, Н. И. Коршунова, С. Н. Пазникова // Технология древесных плит и пластиков: Межвузовский сб. науч. тр. Екатеринбург: УГЛТА, 1997. С. 46–50.
8. Синтез карбаминоформальдегидных смол в присутствии неорганических электролитов / В. М. Балакин, С. Н. Пазникова, Н. И. Коршунова, Ю. В. Заварницина // Технология древесных плит и пластиков: Межвузовский сб. науч. тр. Екатеринбург: УГЛТА, 1997. С. 59–64.
9. Синтез глиоксальсодержащих смол и получение малотоксичных древесных композиционных материалов на их основе / С. Н. Пазникова, В. М. Балакин, Ю. И. Литвинцев, Ю. В. Заварницина // Технология древесных плит и пластиков: Межвузовский сб. науч. тр. Екатеринбург: УГЛТА, 1997. С. 51–54.
10. Новый модификатор в производстве карбаминоформальдегидных смол и древесностружечных плит / В. М. Балакин, Н. И. Коршунова, С. Н. Пазникова // Известия вузов. Лесной журнал. 1997. № 6. С. 46–50.
11. Технические свойства полимерных материалов: Уч.-справ. пос. / В. К. Крыжановский, В. В. Бурлов, А. Д. Планиматченко, Ю. В. Крыжановская. СПб., Изд-во «Профессия», 2003. 240 с.
12. Дориомедов М. С. Российский и мировой рынок полимерных композитов: Обзор // Труды ВИАМ. 2020. № 6–7 (89). С. 29–37.
13. Каблов Е. Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 1 (34). С. 3–33.
14. Грахов В. П. Исследование влияния климатических факторов на свойства композитных материалов / В. П. Грахов, А. И. Захаров, Э. С. Саидова // Интеллектуальные системы в производстве. 2016. № 4(31). С. 59–61. DOI 10.22213/2410-9304-2016-4-59-61. EDN: XHDOUR.
15. Снижение класса опасности низковязких эпоксидных связующих / Г. И. Шайдурова, Е. Р. Гатина, И. Л. Васильев, В. Е. Антипин, Я. С. Шевяков // Бюллетень науки и практики / Bulletin of Science and Practice. 2018. Т. 4. № 11. С. 234–240.
16. Современные полимерные композиционные материалы и их применение / А. С. Колосова, М. К. Сокольская, И. А. Виткалова, А. С. Торлова, Е. С. Пикалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5. С. 245–256.



17. Романенко О. И., Елисеева Е. А. Современное состояние и перспективы синтеза полимеров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 2. С. 221–225.
18. Гафарова В. А. Применение композиционных материалов для сдерживания роста трещин в нефтегазовом оборудовании // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 5. С. 99–107.
19. Мурашкина Ю. С., Назаренко О. Б. Проблемы использования полимерных материалов, наполненных различными антипиренами / Ю. С. Мурашкина, О. Б. Назаренко // Наука. Технологии. Инновации: Сб. науч. трудов: в 9 ч. / Под ред. А. В. Гадюкина — 2018. С. 180–183.
20. Нечаев А. Н. Технология огнезащитных покрытий для металлических конструкций на основе интеркалированного графита // Междунар. науч.-технич. конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. Посвящена 165-летию В. Г. Шухова. Сб. науч. трудов. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. С. 3003–3008.
21. Резвова М. А., Овчаренко Е. А. Полимерные протезы клапанов сердца: состояние и перспективы // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2018. Т. 20. № 2. С. 100–111.
22. Роговина С. З., Прут Э. В., Берлин А. А. Композиционные материалы на основе синтетических полимеров, армированных волокнами природного происхождения // Высокомолекулярные соединения. Серия А. Т. 61. 2019. № 4. С. 291–315.
23. Ковтун В. А., Пасовец В. Н. Исследование влияния механоактивации на процессы структурообразования наноуполненных металлополимерных композиционных материалов / В. А. Ковтун, В. Н. Пасовец // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: Сб. докл. XI Международного симпозиума. В 2-х ч. 2019. С. 276–281.
24. Пасовец В. Н., Ковтун В. А. Упрочнение композиционных материалов на основе металлической матрицы и углеродных нанотрубок // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. 2019. Т. 64. № 2. С. 166–174.
25. Борисова В. А. Совершенствование эксплуатационных характеристик композитов с эпоксидной матрицей, применяемых при ремонте судовых спасательных средств // Школа молодых ученых и специалистов МЧС России: Сб. материалов Юбилейного X форума. 2020. С. 25–29.
26. Кривошей А. М., Кириевский Д. А., Головлев Н. А. Применение композиционных материалов в образовательном процессе // Ключевые тенденции в композитах: наука и технологии. Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конференции. 2019. С. 432–435.
27. Махсудов Б. И., Файзуллоев И. Х., Эгамов М. Х. Оптический ги-стерезис в композитах на основе полимер-немагнитического жидкого кристалла при одноосной деформации // Известия вузов. Физика. 2022. Т. 65. № 3(772). С. 88–91. DOI 10.17223/00213411/65/3/88. ENDOTDLUB.
28. Машукова О. Н. Современные акустические метаматериалы и конструкции с использованием переходных форм углерода как один из способов борьбы с шумом // Наука. Инновации. Будущее. 2022: Сб. статей Междунар. науч.-практ. конференции. Петрозаводск, 2022. С. 80–85.
29. Рошупкина И. Ю., Абдрахимова Е. С. Использование отходов химической промышленности и углеобогащения в производстве жаростойких бетонов для повышения экологической безопасности экосистем // Экологическая химия. 2022. Т. 31. № 2. С. 110–116.
30. Эпоксидные связующие для создания труднорюжих и пожаростойких полимерных композиционных материалов / Т. А. Гребнева, Л. В. Чурсова, Н. Н. Панина, А. В. Орлов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2022. № 11. С. 14–23. DOI 10/31044/1994-6260-2022-0-11-14-23. EDN: ZQKJWM.
31. Снижение класса опасности низковязких эпоксидных связующих / Г. И. Шайдунова, Е. Р. Гатина, И. Л. Васильев, В. Е. Антипин, Я. С. Шевяков // Бюллетень науки и практики / Bulletin of Science and Practice. 2018. Т. 4. № 11. С. 234–240.
32. Современные полимерные композиционные материалы и их применение / А. С. Колосова, М. К. Сокольская, И. А. Виткалова, А. С. Торлова, Е. С. Пикалов // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5. С. 245–256.
33. Тихомирова В. В., Смирнова П. С. Полимерные композиционные материалы с древесными наполнителями и перспективы использования отходов при их производстве // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 12. С. 98–102.

### Сведения об авторах

**Талалаева Галина Владленовна:** д. м. н., доц., Уральский институт ГПС МЧС России, профессор.  
Екатеринбург, Россия.  
SPIN-код: 6514-4968.

**Пазникова Светлана Николаевна:** к. т. н., доц., Уральский институт ГПС МЧС России, доцент.  
Екатеринбург, Россия.  
SPIN-код: 4846-5958.

### Information about authors

**Talalaeva Galina V.:** ScD (Medical Sc.), Associate Professor, Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Professor.  
Ekaterinburg, Russia  
SPIN-scientific: 6514-4968.

**Paznikova Svetlana N.:** PhD (Technical Sc.), Associate Professor, Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Associate Professor.  
Ekaterinburg, Russia  
SPIN-scientific: 4846-5958.

## Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
Гражданская защита. Энциклопедия. В 4 томах. Издание третье, переработанное и дополненное. Том III (П–С).	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=23623286">http://elibrary.ru/item.asp?id=23623286</a>
Пучков В.А. и др. Гражданская защита. Энциклопедия. В 4 томах. Издание третье, переработанное и дополненное. Том IV (Т–Я).	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=23623279">http://elibrary.ru/item.asp?id=23623279</a>
Пучков В.А. и др. Гражданская защита. Энциклопедический словарь. Издание третье, переработанное и дополненное.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=23623275">http://elibrary.ru/item.asp?id=23623275</a>
Чуприян А.П. и др. Глобальная и национальные стратегии управления рисками катастроф и стихийных бедствий. XX Международная научно-практическая конференция по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Сборник трудов конференции.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=24637787">http://elibrary.ru/item.asp?id=24637787</a>
Степанов В.Я. и др. Юные герои МЧС России. Литературно-художественный публицистический сборник.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=24499872">http://elibrary.ru/item.asp?id=24499872</a>
Степанов В.Я. Победители. Литературно-художественный публицистический сборник.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=25708831">http://elibrary.ru/item.asp?id=25708831</a>