

Научная статья  
УДК 691.175.2

## Анализ дисперсных наполнителей, обеспечивающих стойкость изделий из композитов к биоповреждениям

**Александра Евгеньевна Тимченская**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),  
Москва, Россия

etimch@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные методы защиты изделий из композиционных материалов от биоповреждений. Проведен патентный анализ современных разработок в этой области. Выполнена оценка состава, областей применения и перспектив использования различных дисперсных наполнителей при обеспечении стойкости полимерных композиционных материалов к биоповреждениям.

**Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы, биодegradация, дисперсные наполнители, биоциды, фунгициды.

**Для цитирования:** Тимченская А.Е. Анализ дисперсных наполнителей, обеспечивающих стойкость изделий из композитов к биоповреждениям // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2025. № 1 (43).

Original article

## Analysis of dispersed fillers that ensure the resistance of composite products to biological damage

**Alexandra E. Timchenskaya**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

etimch@yandex.ru

**Abstract.** This article discusses the main methods of protecting products made of composite materials from bio-damage. A patent analysis of modern developments in this field has been carried out. An assessment of the composition, application areas and prospects for the use of various dispersed fillers while ensuring the resistance of polymer composite materials to biological damage has been carried out.

**Keywords:** polymer composite materials, biodegradation, dispersed fillers, biocides, fungicides.

**For citation:** Timchenskaya A.E. Analysis of dispersed fillers that ensure the resistance of composite products to biological damage. Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura. 2025. No 1(43).

## Введение

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) применяются в различных отраслях промышленности от авиации до медицины. Такое широкое применение они получили благодаря своим уникальным свойствам, таким как низкая плотность, высокая прочность и хорошая коррозионная стойкость. Однако, при использовании данных материалов возникает проблема, связанная с их стойкостью к биоповреждениям (биодegradации) [1].

Биоповреждения могут быть вызваны действием микроорганизмов, таких как грибки, бактерии и водоросли воздействующие на поверхность материала, что приводит к его разрушению и потере свойств. Они могут проникать внутрь материала через поверхностные поры или микротрещины, полученные в процессе эксплуатации или производства. После проникновения внутрь композита, микроорганизмы могут усиливать процесс разрушения, образуя колонии и выделяя различные ферменты, которые разлагают полимерную матрицу [2]. Одним из подходов к решению этой проблемы является добавление дисперсных наполнителей в полимерную матрицу. Дисперсные наполнители обладают способностью улучшать физико-механические свойства полимерного композита и защищать его от биоповреждений.

## Характеристика дисперсных наполнителей для защиты от биоповреждений

Дисперсные наполнители являются важным компонентом полимерных композиционных материалов. Они могут быть представлены различными типами частиц, такими как наночастицы, микрочастицы, волокна и другие.

Существует большое количество способов защиты полимерных композиционных материалов от биодegradации. Среди них можно выделить следующие [3]:

1. Использование биоцидных добавок-введение в состав материала биоцидов (веществ с антимикробными свойствами), которые подавляют рост

микроорганизмов. Это могут быть соединения серебра, меди, цинка, органические вещества.

2. Модификация поверхности, то есть нанесение защитных покрытий на поверхность материала, которые предотвращают контакт его с микроорганизмами (эпоксидные, полиуретановые или силиконовые покрытия).

3. Применение полимеров, которые обладают высокой устойчивостью к биодegradации (например, фторопласты, полиэтилен высокой плотности).

4. Гидрофобизация – обработка материала для снижения его гидрофильности, что препятствует росту микроорганизмов, которым для роста необходима влажная среда.

5. Ультрафиолетовая стабилизация – добавление в материал УФ-стабилизаторов для защиты от разрушительного воздействия солнечного света, что также способствует снижению скорости биодegradации.

6. Введение антиоксидантов (веществ, предотвращающих окислительные реакции, способствующих биодegradации).

7. Соблюдение условий эксплуатации – ограничение воздействия факторов окружающей среды, способствующих биодegradации (высокая влажность, температура, воздействия солнечного света, наличие органических и неорганических веществ).

8. Использование нанотехнологий – создание наноструктурированных материалов, которые более устойчивы к биодegradации благодаря своей плотной структуре.

9. Использование биоразлагаемых полимеров с контролируемым сроком службы, что очень важно для сохранения окружающей среды.

Если материал должен быть биоразлагаемым, важно контролировать его срок службы, чтобы он не разрушался раньше времени.

10. Использование плазменной обработки поверхности материала, которая способствует формированию защитного слоя для предотвращения агрессивного воздействия микроорганизмов.

11. Применение ингибиторов ферментов – введение веществ, которые снижают активность ферментов, вырабатываемых микроорганизмами и способствующих разрушению полимера.

Цель данного исследования состоит в анализе современных технологий в области химических средств защиты полимеров от микроорганизмов (биоцидов), так как эти методы являются наиболее эффективными для защиты композитных материалов от биологических повреждений и имеют значительные перспективы в промышленности, особенно в машиностроении.

Биоциды представляют собой химические соединения, предназначенные для борьбы с микроорганизмами, такими как бактерии, грибы, водоросли и другие путем предотвращения их роста и уничтожения. Они делятся на две основных группы: фунгициды и бактерициды. Каждая из этих групп обладает специфическими характеристиками, механизмами действия и сферами применения, что делает их необходимыми в таких отраслях, как сельское хозяйство, промышленность, медицина.

Фунгициды представляют собой биоциды, разработанных для борьбы с грибами, плесенью и дрожжами. Эти микроорганизмы могут вызвать серьезные проблемы, включая порчу сельскохозяйственных культур, разрушение строительных материалов, древесины и других продуктов. В промышленности фунгициды добавляют в краски, покрытия, клеи и другие составы, чтобы предотвратить развитие плесени и грибов, особенно в условиях высокой влажности и повышенной температуры. Примеры фунгицидов включают соединения меди (например, медный купорос), триазолы (тебуконазол) и изотиазолиноны. Эти химические вещества воздействуют на клеточном уровне, нарушая метаболизм клеток грибов, что приводит к их уничтожению или замедлению роста.

Бактерициды представляют собой вторую основную группу биоцидов, предназначенных для уничтожения или сдерживания роста бактерий. Бактерии могут приводить к порче продуктов, разрушению материалов, а также служить источником угрозы для здоровья человека, вызывая различные инфекции и заболевания. В промышленности эти вещества применяются для защиты материалов, таких как пластиковые изделия, текстиль и древесина, от разрушительного воздействия бактерий. К известным бактерицидным веществам относятся соединения на основе хлора (например, гипохлорит натрия), перекись водорода, четвертичные аммониевые соединения (ЧАС) и спирты (в частности, этанол и изопропанол). Эти химические вещества разрушают клеточные стенки бактерий, нарушают метаболизм внутри клетки, подавляя таким образом размножение бактерий, а также приводит к их уничтожению.

### **Обзор патентно-технической документации**

Вышеперечисленные характеристики дисперсных наполнителей представляют большой интерес в связи с борьбой с таким опасным явлением как биодegradация. В процессе проработки патентно-технической документации было выявлено большое число разнообразных технологий и составов для предотвращения и устранения этой проблемы.

Для эффективного уничтожения бактерий и грибков на поверхностях различных изделий, не зависимо от свойств материалов, из которых они изготовлены, можно использовать следующую наноструктурную композицию биоцида, описанную в работе [4]. Наноструктурная смесь биоцида включает в себя мельчайшие частицы порошка бентонита, в которых присутствуют ионы  $Ag^+$  или/и  $Cu^{2+}$  [4]. Эти частицы были получены путем обработки полуфабрикатов бентонита, обогащенных катионами  $Na^+$ , растворами нитрата серебра или сульфата меди с концентрацией 10-20% [4]. В состав композиции добавляются наночастицы бентонитового порошка, которые содержат внутри себя ионы цинка  $Zn^{2+}$  [4].

Фунгицидная композиция для защиты материалов, таких как древесина, изделия из древесины и биоразлагаемые материалы, описана в исследовании [5]. Данная формула состоит из двух компонентов: компонент I – метконазол, его соль, стереоизомер или смесь стереоизомеров, и компонент II – пропиконазол, его соль, стереоизомер или смесь стереоизомеров [5]. При этом массовое соотношение компонента I к компоненту II должно быть не менее 1 к 1 [5].

Контроль микробного роста на древесине, лесоматериалах, биоразлагаемых и конструкционных материалах достигается путем нанесения указанной композиции [6].

Биоцидная композиция содержит в себе носитель и сочетание фенилпиррола в качестве компонента (I), который выбирается из флудиоксона, и пириинового соединения в качестве компонента (II), который выбирается из 1-гидрокси-2-пиридиона, циклопирокса, циклопироксоламина, пироктона, пироктоноламина, рилопирокса, пириондисульфида, пириона натрия и пириона цинка [6]. Данное изобретение позволяет повысить эффективность обработки материала [6].

В исследовании [7] представлена фунгицидная композиция, содержащая фунгицидный триазол и алкоксилированный амин формулы (I) в весовом соотношении от 1/4 до 1/160. Добавление алкоксилированных аминов способствует повышению эффективности данной фунгицидной композиции [7].

Биоцидные композиции применяются в различных сферах для борьбы с микроорганизмами, такими как бактерии, грибы, водоросли и другие. В работе [8] показан один из вариантов такой композиции. Композиция включает один наноразмерный оксид металла переходных элементов и одно органическое биоцидное соединение [8]. Органическое биоцидное соединение выбирается из следующих групп: изотиазолиноны и их производные, производные фенола, производные бромноватой кислоты, формальдегид и его производные, продукты конденсации формальдегида,

гуанидины, а также хлор- и/или бромсодержащие соединения и другие аналогичные вещества [8]. Данный биоцидный эффект сохраняется при повышенных температурах [8].

В исследовании [9] описана еще одна биоцидная композиция. Она включает эффективное количество биоцида, выбранного из следующих веществ: 3-йод-2-пропинилбутилкарбамат (IPBC), октилизотиазолинон (OIT), дийодметил-р-толилсульфон (DIMTS), биоциды на основе триазина (например, тербутрин, цибутрин и прометрин), азолы (такие как пропиконазол, дифеноконазол, ципроконазол и тебуконазол), 2,2-дибром-3-нитрилопропионамид (DBNPA), 2-бром-2-нитропропан-1,3-диол (бронопол) и 2,2-дибром-3-нитрилопропионамид [9]. В качестве жидкости-носителя используется алкилполигликоль формулы (I) R-O-(AO)<sub>n</sub>-H, где R представляет собой C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub> алкил [9]. Данная композиция характеризуется низкой летучестью органических соединений и низкой вязкостью при высокой концентрации активных веществ [9].

В исследовании [10] представлена биоцидная композиция, включающая 1-(3-хлораллил)-3,5,7-триаза-1-азониаадамтан хлорид и диспергирующий агент на основе сополимера этиленоксида и пропиленоксида, который выполняет функции стабилизатора цвета и фазового стабилизатора для 1-(3-хлораллил)-3,5,7-триаза-1-азониаадамтан хлорида [13]. В качестве носителя используется полиэтиленгликоль, кэпированный простым моноэфиром, или полипропиленгликоль, а также загуститель на основе полиэтиленгликоля [10]. Данная композиция отличается цветовой и фазовой стабильностью и эффективно подавляет рост бактерий в среде [10].

Для улучшения контроля микроорганизмов в водных и водосодержащих системах применяется биоцидная композиция, содержащая хлорид трибутилтетрадецилфосфония и сульфат тетракис (гидроксиметил) фосфония в массовом соотношении от 2:1 до 1:10 [11].

Таблица 1

Анализ запатентованных технических решений борьбы с биоповреждениями  
в различных областях

№ п/п	Номер патента / патентообладатель	Особенности состава	Области применения
1	RU2407289C1 Закрытое акционерное общество "Институт прикладной нанотехнологии", Фонд Сальваторе Мауджери Клиника Труда и Реабилитации, СИБ Лэборетрис Лимитед	Наноструктурная смесь биоцида включает в себя мельчайшие частицы порошка бентонита, в которых присутствуют ионы $Ag^+$ или/и $Cu^{2+}$ .	Гладкие поверхности из различных (непористых) материалов
2	RU2166254C2 ЖАНСЕН ФАРМАСЕТИКА Н.В.	Включает в себя компонент I - метконазол и его соль, стереоизомер или смесь стереоизомеров, а также компонент II - пропиконазол и его соль, стереоизомер или смесь стереоизомеров.	Изделия из древесины и ДСП
3	RU2487540C2 ЯНССЕН ФАРМАЦЕВТИКА Н.В.	Содержит в себе носитель и сочетание фенилпиррола в качестве компонента (I), который выбирается из флудиоксонила, и пирионового соединения в качестве компонента (II), который выбирается из 1-гидрокси-2-пиридинона, циклопирокса, циклопироксоламина, пироктона, пироктоноламина, рилопирокса, пириондисульфида, пириона натрия и пириона цинка.	Изделия из древесины и ДСП
4	RU2312498C2 ЯНССЕН ФАРМАЦЕВТИКА Н.В.	Включает фунгицидный триазол, выбранный из азаконазола, бромуконазола, ципроконазола, дифенконазола, эпоксиконазола, фенбуконазола, флюхинконазола, флюзилазола, гексаконазола, кетоконазола, метконазола, пенконазола, пропиконазола, тебуконазола, тетраконазола, тритиконазола и алкоксилированный амин.	Изделия из древесины и ДСП

5	RU2436305C2 ПФЛАЙДЕРЕР ХОЛЬЦВЕРКШТОФФЕ ГМБХ	Содержит один наноразмерный оксид металла переходных элементов и одно органическое биоцидное соединение. Органическое биоцидное соединение выбирается из изотиазолинонов и производных изотиазолинона, производных фенола, производных бромноватой кислоты, формальдегида и его производных, формальдегидных депозитных продуктов, гуанидинов, хлор- и/или бромсодержащих соединений и т.д.	Изделия из полимерных композиционных материалов и слоистых композитов
6	RU2485775C2 ДАУ ГЛОБАЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЭлЭлЭлСи	Содержит эффективное количество биоцида, выбранного из одного или нескольких 3-йод-2-пропинилбутилкарбамата (IPBC), октилизотиазолинона (OIT), дийодметил-р-толилсульфона (DIMTS), биоцидов на основе триазина, таких как тербутрин, цибутрин и прометрин, азолов, таких как пропиконазол, дифеноконазол, ципроконазол и тебуконазол, 2,2-дибром-3-нитрилопропионамида (DBNPA), 2-бром-2-нитропропан-1,3-диола (бронопола), и 2,2-дибром-3-нитрилопропионамида; и алкилполиглицолевую жидкость-носитель формулы (I) R-O-(AO) <sub>n</sub> -H, где R является C1-C3 алкилом	Изделия контактирующие с водой (трубы, резервуары, емкости, баки из композитов)
7	RU2515678C2 ДАУГЛОБАЛТЕКНОЛ ОДЖИЗ ЭлЭлСи	Содержит 1-(3-хлораллил)-3,5,7-триаза-1-азониаадамтан хлорид и диспергирующий агент, содержащий сополимер этиленоксида и пропиленоксида в качестве стабилизатора цвета и фазового стабилизатора для 1-(3-хлораллил)-3,5,7-триаза-1-азониаадамтан хлорида; носитель, содержащий полиэтиленгликоль, кэпированный простым моноэфиром, или полипропиленгликоль, и загуститель, содержащий полиэтиленгликоль	Изделия контактирующие с водой (трубы, резервуары, емкости, баки из композитов)

8	RU2539923C2 ДАУ ГЛОУБЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЛЛК	Содержит хлорид трибутилтетрадецилфосфония и сульфат тетраakis(гидроксиметил)фосфония в массовом соотношении, составляющем от 2:1 до 1:10.	Изделия контактирующие с водой (трубы, резервуары, емкости, баки из композитов)
---	--	--	---

### Заключение

Проведенный анализ научно-технической литературы и патентной документации показывает наличие большого количества составов, позволяющих бороться с таким явлением как биодegradация. Использование дисперсных наполнителей является эффективным способом повышения стойкости полимерных композиционных материалов к биоповреждениям. Исследования в данной сфере открывают новые возможности в области создания биостойких материалов для различных применений. Дальнейшее развитие и оптимизация этих наполнителей позволят улучшить эффективность и долговечность полимерных материалов и расширить область их применения.

### Список источников

1. Stepanova, M. Y. Analysis of Methods for Determining the Biostability of Polymer Composite Materials Used in Mechanical Engineering / M. Y. Stepanova, N. I. Baurova // Polymer Science, Series D. – 2020. – Vol. 13, No. 3. – P. 345-348. – DOI 10.1134/S1995421220030193. – EDN DHGQUT.
2. Анисимов, А.А. Биохимические основы грибостойкости полимерных материалов / А.А. Анисимов, В.Ф. Смирнов, А.С. Семичева // Микроорганизмы и низшие растения – разрушители материалов и изделий : Сборник трудов. – Москва : Наука, 1979. – 256 с.
3. Сахно, О. Н. Биостойкость полимерных материалов и методы ее оценки : Учебное пособие / О. Н. Сахно, О. Г. Селиванов, В. Ю. Чухланов. – Владимир : Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2018. – 84 с. – ISBN 978-5-9984-0860-1. – EDN YOAIOL.
4. Патент № 2407289 С1 Российская Федерация, МПК А01N 59/00, В82В 3/00, А01Р 1/00. наноструктурная композиция биоцида : № 2009117737/21 : заявл. 13.05.2009 :

опубл. 27.12.2010 / А. И. Григорьев, О. И. Орлов, У. О. Д. Мауджери [и др.] ; заявитель Закрытое акционерное общество "Институт прикладной нанотехнологии", Фонд Сальваторе Мауджери Клиника Труда и Реабилитации, СИБ Лэборетрис Лимитед. – EDN NIEEAA.

5. Патент № 2166254С2 Российская Федерация. Фунгицидная композиция синергетического действия для защиты древесины от грибков, способ ее получения и способ борьбы с грибами : № 97101455/04; заявл. 27.06.1995; опубл. 10.05.2001 / Вальк Алекс Р.А., Ван Дер Флас Марк А.Й.; заявитель и патентообладатель [и др.].

6. Патент № 2487540 С2 Российская Федерация, МПК А01N 43/40, А01N 43/36, А01P 1/00. Композиция, содержащая комбинацию фенилпиррола и пириинового соединения, способ ее получения, способы регулирования микробиального роста и биоцидный продукт : № 2010136958/13 : заявл. 05.02.2009 : опубл. 20.07.2013 / Я. П. Х. Босселарс, Д. Л. Ж. Билеманс, Т. М. Й. Кемпен [и др.] ; заявитель ЯНССЕН ФАРМАЦЕВТИКА НВ. – EDN RORSUE.

7. Патент № 2312498 С2 Российская Федерация, МПК А01N 25/30, А01N 43/653, А01N 55/00. Применение алкоксилированных аминов для усиления фунгицидных композиций, фунгицидная композиция, способ ее получения, способ сохранения дерева, изделий из дерева : № 2004126697/04 : заявл. 03.02.2003 : опубл. 20.12.2007 / Э. Ф. Т. Пари, М. А. Й. Ван Дер Флас, Й. Г. Тидинк ; заявитель ЯНССЕН ФАРМАЦЕВТИКА Н.В. – EDN PXUERK.

8. Патент № 2436305 С2 Российская Федерация, МПК А01N 59/16, А01N 25/10, А01N 43/80. Биоцидная композиция и полимерные композиции, композиционные материалы и ламинаты, содержащие их : № 2009144136/13 : заявл. 03.03.2008 : опубл. 20.12.2011 / К. Ноннингер, Х. Кляйн ; заявитель ПФЛАЙДЕРЕР ХОЛЫЦВЕРКШТОФФЕ ГМБХ. – EDN WWZRHX.

9. Патент № 2485775 С2 Российская Федерация, МПК А01N 25/02. Биоцидная композиция, способ получения такой композиции и способ подавления роста микроорганизмов в водоосновных системах : № 2010134418/13 : заявл. 02.12.2008 : опубл. 27.06.2013 / И. Аннис, Ш. М. Тинетти, Э. Сианавати [и др.] ; заявитель ДАУ ГЛОБАЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЭлЭлЭлСи. – EDN NAFLOL.

10. Патент № 2515678 С2 Российская Федерация, МПК А01N 43/90, А01N 35/02, А01N 25/30. Биоцидная композиция (варианты) и способ ингибирования бактериального роста : № 2011102979/13 : заявл. 26.06.2009 : опубл. 20.05.2014 / С. Дебрул, Х. М. Джеви, И. Аннис, Д. Б. Рэймонд ; заявитель ДАУ ГЛОБАЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЭлЭлСи. – EDN RNTPQG.

11. Патент № 2539923 С2 Российская Федерация, МПК А01N 57/34, А01P 1/00. биоцидная композиция : № 2013110782/13 : заявл. 13.08.2010 : опубл. 27.01.2015 / К. Ц. Цзи, Ч. Вэнь ; заявитель ДАУ ГЛОУБЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЛЛК. – EDN ONLLII.

## References

1. Stepanova M.Y., Baurova N.I. I *Polymer Science, Series D*, 2020, vol. 13, no. 3, pp. 345-348.
2. Anisimov A.A., Smirnov V.F., Semicheva A.S. *Mikroorganizmy i nizshiye rasteniya – razrushiteli materialov i izdeliy*, Sbornik trudov, Moscow, Nauka, 1979, 256 p.
3. Sakhno O.N., Selivanov O.G., Chukhlanov V.Y. *Biostoikost' polimernykh materialov i metody ee otsenki (Biostability of polymeric materials and methods of its evaluation)*, Vladimir, Vladimirskiy gosudarstvennyy universitet im. Aleksandra Grigor'yevicha i Nikolaya Grigor'yevicha Stoletovykh, 2018, 84 p.
4. Grigor'ev A.I., Orlov O.I., Maudzheri U.O. et al. Patent RU 2407289 C1, 27.12.2010.
5. Val'k Aleks R.A., Van Der Flas Mark A.J. Patent RU 2166254 C2, 10.05.2001.
6. Bosselars Ya.P.H., Bilemans D.L.Zh., Kempen T.M.J. et al. Patent RU 2487540 C2, 10.07.2013.
7. Pari E.F.T., Van Der Flas Mark A.J., Tidink J.G. et al. Patent RU 2312498 C2, 10.12.2007.
8. Nonninger K., Klyajn H. et al. Patent RU 2436305 C2, 10.12.2011.
9. Annis I., Tinetti Sh.M., Sianavati E. et al. Patent RU 2485775 C2, 20.06.2013.
10. Debrul S., Dzhevi H.M., Annis I. et al. Patent RU 2515678 C2, 20.05.2014.
11. Czi K.C., Ven' Ch. et al. Patent RU 2539923 C2, 10.01.2015.

Рецензент: Н.И. Баурова, д-р тех. наук, проф., МАДИ

### *Информация об авторе*

Тимченская Александра Евгеньевна, магистрант, МАДИ.

### *Information about the author*

Timchenskaya Alexandra E., undergraduate, MADI.

Статья поступила в редакцию 12.02.2025; одобрена после рецензирования 20.03.2025; принята к публикации 21.03.2025.

The article was submitted 12.02.2025; approved after reviewing 20.03.2025; accepted for publication 21.03.2025.