

УДК 620.1:663.18

А.А. Кривушина¹, Ю.С. Горяшник¹**СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ
ОТ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ (обзор)**

DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-2-80-86

Представлен обзор способов защиты различных типов материалов и изделий от микробиологического поражения. К наиболее часто используемым способам относится применение антисептиков, биоцидов и дезинфицирующих средств. Обсуждены особенности применения каждого из перечисленных способов. Представлены последние достижения ФГУП «ВИАМ» в области разработки средств защиты материалов и изделий от микробиологического поражения.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 18.4. «Развитие способов защиты от биологического поражения материалов, работающих в условиях различных климатических зон» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1].

Ключевые слова: *способы защиты, микробиологическая стойкость, биоповреждения, антисептики, биоциды, дезинфицирующие средства, неметаллические материалы, микромицеты.*

The review of protection methods of various materials and products against microbiological biodeterioration is presented. The antiseptics, biocides and disinfectants are the most often used among these methods. Features of application of these methods are discussed. The latest VIAM's achievements in the field of protection methods of materials and products against microbiological biodeterioration are presented.

Work is executed within implementation of a complex scientific direction 18.4. «Development of protection methods against biological damages of the materials working in conditions of various climatic zones» («Strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030») [1].

Keywords: *protection methods, microbiological resistance, biodeterioration, antiseptics, biocides, disinfectants, non-metallic materials, micromycetes.*

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

Проблема биоповреждений материалов и изделий существует уже очень давно и в настоящее время не теряет своей актуальности. Повреждать материалы способны разнообразные организмы – бактерии и грибы, лишайники, водоросли и высшие растения, простейшие и кишечнополостные, черви, моллюски и членистоногие, рыбы, птицы и млекопитающие. Однако наиболее активные возбудители повреждений – микроскопические грибы и бактерии, на долю которых приходится до 50% от общего числа повреждений. Особую опасность представляют плесневые грибы. Они обладают высоким потенциалом выживания в различных, нередко экстремальных условиях существования: в присутствии малых количеств органических веществ и влаги, при воздействии ионизирующего радиоактивного и ультрафиолетового излучения. Грибы обитают повсеместно в почве, воде, присутствуют в воздухе, на поверхности различных предметов, сохраняют жизнеспособность в условиях вечной мерзлоты. Плесневые грибы быстро растут, обладают мощной и лабильной ферментативной системой, позволяющей

им использовать для своей жизнедеятельности большой круг материалов как природного, так и искусственного происхождения [2, 3].

На рост и развитие микроорганизмов влияет целый ряд факторов, среди которых наиболее значимыми являются температура и влажность. Оптимальная температура для развития большинства плесневых грибов и бактерий 25–30°C. Кроме того, чем больше в окружающей среде процентное содержание влажности, тем активнее растут микроорганизмы. Число видов микроорганизмов-биодеструкторов ежегодно увеличивается, так как они быстро адаптируются к новым условиям, осваивают новые материалы, изменяют свои физиологические свойства [4, 5]. Во ФГУП «ВИАМ» уже более 40 лет ведутся работы по выделению и изучению различных микроорганизмов-биодеструкторов – в частности, плесневых грибов, поражающих материалы и изделия в различных климатических зонах [6]. В условиях теплого влажного климата материалы и изделия наиболее часто поражаются грибами следующих родов: *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Mucor*, *Hormoconis*, *Penicillium*, *Tricho-*



Рис. 1. Культуры микромицетов-деструкторов на питательных средах в чашках Петри

derma (рис. 1). В секторе «Биоповреждения» создан банк данных микроорганизмов-деструкторов, который насчитывает более 120 штаммов микроскопических грибов, способных вызывать биодеструкцию разных классов материалов. Постоянно ведутся работы по выделению новых активных штаммов микроорганизмов, коллекция ежегодно пополняется [3, 7].

В настоящее время трудно найти группу материалов, на которую микроорганизмы не оказывают разрушающего действия. Биоповреждению подвержены бетон, древесина, бумага, пластмассы, резина, герметики, клеи, электроизоляция, нефтепродукты, металлы и их сплавы, металлическое оборудование, радиоэлектроника, электротехника, авиационная и космическая техника и т. д. Биоповреждения наносят огромный экономический ущерб, который исчисляется десятками миллиардов рублей в год [1]. В ряде случаев ущерб вообще нельзя выразить в денежных единицах: сюда относятся аварии, приводящие к потере здоровья и гибели людей, связанные со взрывами, с разрушением химического оборудования; катастрофы авиалайнеров и судов, вызванные биологическими повреждениями как металлических, так и неметаллических материалов. Невосполнимый ущерб наносят микроорганизмы, разрушая сокровища мировой культуры – произведения живописи, прикладного искусства, исторические и архитектурные памятники [2, 8, 9].

Кроме того, следует иметь в виду, что бесконтрольное развитие микроорганизмов на материалах также представляет определенную опасность для здоровья людей, поскольку бактерии и плесневые грибы, повреждающие материалы, могут быть причиной кожных, аллергических и других заболеваний, а также источником сильнодействующих токсинов. Причиной специфического запаха также является жизнедеятельность микроорганизмов, т. е. ряд выделяемых ими летучих химических соединений. Таким образом, человек, много времени проводивший в помещении, где существует развитая колония плесени, будет пропускать через свои дыхательные пути тысячи грибных спор, причем вместе со всеми токсинами, которые они выделяют, уже попав в организм [10].

В связи со всем вышеперечисленным одной из наиболее важных задач в области изучения проблемы биологических повреждений является поиск и разработка способов защиты от данной проблемы.

Антисептирование

Антисептирование – обработка химическими веществами (антисептиками) различных неметаллических материалов (древесины и изделий из нее, пластмасс и др.) с целью улучшения их биостойкости и повышения срока службы конструкций.

Предотвращение роста микроорганизмов может быть достигнуто различными способами. Практическое значение имеют следующие способы [11]:

- применение материалов, не являющихся питательной средой для микроорганизмов, но в этом случае все же наблюдается рост микроорганизмов за счет органических загрязнений, которых трудно избежать при эксплуатации;
- введение в материалы антисептиков (фунгицидов) или пропитка антисептическими растворами с целью обеспечения их стойкости к воздействию микроорганизмов и, в первую очередь, плесневых грибов.

В целом антисептики – это вещества, способные убивать микроорганизмы. Действие их на микроорганизмы может быть различным: одни антисептики могут полностью уничтожить микроорганизмы, другие препятствовать их росту, а третьи – препятствовать спорообразованию, не подавляя вегетативный рост микроорганизмов.

Для того чтобы подействовать на микроорганизм, антисептик должен проникнуть в клетку и подействовать на ферментативную систему микроорганизма. Наиболее эффективными являются органические антисептики, которые в большей степени подавляют различные ферменты.

Кроме своей основной функции антисептики, применяемые для защиты неметаллических материалов от микроорганизмов, должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть совместимыми с материалом, в состав которого они вводятся;
- не снижать свойства материала ниже допустимого уровня, установленного техническими условиями (ТУ);

- иметь температуру разложения значительно более высокую, чем максимальная рабочая температура изготовления материала;
- быть эффективными при малых концентрациях;
- прочно удерживаться в материале, не вымываться и не улетучиваться;
- не оказывать вредного воздействия на человека – быть малотоксичным в соответствии с ГОСТ 121.007–76.

Среди антисептиков имеются вещества различных классов химических соединений. Наибольшее распространение получили фенолы, оксифенилы, производные оксифинолята, салициланилида, четвертичные аммониевые соединения.

В настоящее время применяются несколько методов защиты материалов от поражения микроорганизмами с использованием антисептиков [11]:

- защита антисептированными покрытиями, т. е. лаками, содержащими небольшое количество эффективного антисептика;
- защита путем введения антисептика, который добавляется в защищаемый материал – например, пластмассу, резину и др. – в процессе производства;
- защита пропиткой растворами антисептиков – применяется главным образом для целлюлозосодержащих материалов;
- защита летучими антисептиками, которые воздействуют на микроорганизмы своими парами, насыщая пространство с защищаемыми предметами; метод используется для защиты изделий.

При разработке способа защиты материала необходимо:

- установить рН водной вытяжки материала и оптимальное значение рН для предварительно отобранных антисептиков;
- экспериментально выбрать концентрацию антисептиков, не влияющую на физико-механические, диэлектрические и другие свойства материала;
- определить сохранность антисептической защиты под влиянием факторов внешней среды (тепло, влага, свет) и условий эксплуатации материалов в составе изделия.

В лаборатории ФГУП «ВИАМ» проводили исследования кремнийорганического герметика ВИКСИНТ У-4-21, широко применяемого в различных конструкциях авиационной техники. В качестве антисептической добавки выбрали тиурам, применяемый в промышленности – в частности, для вулканизации резин. Проведены исследования по оценке грибостойкости герметика в исходном состоянии и с добавлением антисептика тиурам. Грибостойкость герметиков оценивали визуально согласно шестибальной шкале ГОСТ 9.048 (балл 0–5). Испытания проводили в течение 3 мес при температуре $28 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности 98%. В ходе испытаний установлено, что образцы герметика в исходном состоянии негрибостойки – балл 3–4, а образцы с добавлением антисептической добавки тиурам

являлись грибостойкими – балл 0–1. На рис. 2 представлены образцы герметика ВИКСИНТ У-4-21 с антисептиком тиурам в составе и без него после испытаний на микробиологическую стойкость.

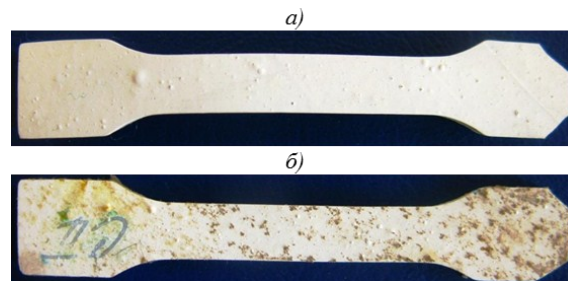


Рис. 2. Образцы герметика с антисептиком в составе (а) и без антисептика (б) после испытаний на микробиологическую стойкость

Подбор антисептиков – это сложная, многоцелевая задача. Добавки не должны влиять на свойства защищаемого материала, быть термостойкими, нетоксичными и т. д. Кроме того, многочисленными исследованиями показано, что унифицировать, т. е. подобрать одно средство защиты от воздействия микроорганизмов для различных классов неметаллических материалов, невозможно. Это связано с тем, что для различных материалов используются различные методы введения антисептиков, температурные режимы и т. д. Именно поэтому в лаборатории ФГУП «ВИАМ» проводятся исследования, направленные на разработку способов защиты различных типов неметаллических материалов от воздействия микроорганизмов [3]. Например, для защиты целлюлозосодержащих материалов (древесина, фанера, хлопчатобумажные и льняные ткани) выбрали антисептик марки Катамин АБ на основе четвертичных аммониевых соединений, который не токсичен, не вызывает коррозии металлических материалов, имеет низкую цену и производится промышленным способом. Материалы обрабатывают методом пропитки, что позволяет, в случае необходимости, проводить дополнительную обработку антисептическим раствором в условиях эксплуатации. После проведения лабораторных испытаний для древесины и фанеры, предназначенных для изготовления тары, рекомендована пропитка 15%-ным водным раствором Катамина АБ с последующей окраской. Кроме того, рекомендовано введение в лакокрасочный материал 2% (по массе) антисептика салициланилида для более надежной защиты при больших сроках хранения и транспортировки. По результатам данных исследований во ФГУП «ВИАМ» разработана технологическая рекомендация ТР1.2.1842–2005 «Антисептирование древесины и фанеры, предназначенной для изготовления тары».

Применение биоцидов

Биоциды представляют собой химические соединения, которые обладают способностью убивать бактерии или грибы, или же препятствовать их размножению, не допуская деградации химической структуры и физических свойств полимера, как внутри материала, так и на его поверхности. В настоящее время активно ведутся работы по изучению биоцидных свойств препаратов, которые могут быть использованы для защиты неметаллических материалов от микробиологического воздействия [12]. Сложность задачи заключается в том, что биоцидные препараты, «летальные» для микроорганизмов, не должны представлять собой опасность для человека. По этой причине ограничено применение органических соединений, содержащих активные галогены, соединения с ароматическими фрагментами, мышьяк, серу, азот и т. д. Применение таких соединений ограничено или запрещено целым рядом нормативных актов, которые различны для различных стран [11].

Применение биоцидов быстро расширяется в тех областях, где имеются среды, особенно благоприятные для размножения микроорганизмов, такие как на предприятиях по обработке пищевых продуктов или в больницах, на потребительских товарах (одежда или сотовые телефоны), а также в авиационной, кораблестроительной, в строительной промышленности и т. п. Так, в авиационной биоциды применяют для защиты топлив и топливных систем, клеящих и герметизирующих материалов, тканых материалов, применяемых для обивки салона самолета, чехольных тканей на основе хлопчатобумажных и льняных волокон, войлока, древесины, резины, ЛКП, используемых для внешних и внутренних работ, от микробиологического поражения [2, 4].

Для эффективной защиты топлива и топливных систем применяются специальные биоцидные присадки к топливу. За рубежом для защиты авиационного топлива от микроорганизмов применяются присадки Biofog и Katon FP 1.5, наибольшим биоцидным эффектом из которых обладает присадка Katon FP 1.5 производства фирмы Rohm&Haas. Минимальная эффективная концентрация этого препарата составляет 0,01% (по массе). Во ФГУП «ВИАМ» совместно с НПО-АО «Синтез ПАВ» разработана отечественная биоцидная присадка к топливу Бикаир Т. Минимальная эффективная концентрация этой присадки составляет 0,001–0,005% (по массе), что на порядок ниже, чем у присадки Katon FP 1.5. На рис. 3 представлены образцы авиационного топлива с биоцидной присадкой и без нее после испытаний на микробиологическую стойкость. В результате процессов адаптации в топливе постоянно появляются новые виды микроорганизмов, а применяемые ранее средства борьбы могут оказаться неэффективными. При дальнейшем исследовании из образцов топлива, извлеченного из

баков эксплуатирующихся самолетов и пораженного микроорганизмами, выделены культуры плесневых грибов, среди них отобраны наиболее агрессивные по отношению к топливу. Параллельно синтезировали несколько десятков модификаций присадки Бикаир Т, относящихся к классу алкилимидозолинов на основе катионных ПАВ, содержащих в своем составе алифатические, ароматические и гетероциклические фрагменты. Все модификации присадки испытаны с использованием наиболее активных штаммов видов *Hormoconis resiniae* и *Monascus floridanus*, выделенных из образцов топлива, пораженного микроорганизмами. Выбранные наиболее эффективные модификации рекомендованы к применению при минимальной концентрации 0,005% (по массе) [12]. На основе данных исследований разработана и выпущена ТР «Предотвращение микробиологического поражения топлива ТС-1 и материалов топливных систем».

В последние годы наблюдается тенденция к разработке биоцидов, содержащих наночастицы различных металлов: Ag, Cu, Cr, Fe, Si, Zn и т. д., – для защиты от микробиологического поражения красок, лаков и покрытий. С учетом возможностей современных нанотехнологий применение биоцидов с наночастицами металлов весьма перспективно. Они являются эффективными, малотоксичными, экологически чистыми и весьма привлекательными с точки зрения экономики добавками, их использование не влияет на рабочие характеристики материалов [13, 14].

Во ФГУП «ВИАМ» проводились исследования биоцидных свойств препаратов с наночастицами серебра и осуществлялся выбор препарата с наибольшим биоцидным эффектом, который мог бы быть рекомендован для защиты тканей – как из натуральных, так и из синтетических волокон [15]. В работе тестировали препараты, предоставленные Институтом химии растворов РАН (г. Иваново), отличающиеся концентрацией наночастиц, их размерами, природой стабилизирующих реагентов и синтезированные в различных условиях. Проводили исследование влияния биоцидных растворов препаратов с наночастицами серебра на жизнеспособность микроорганизмов-биодеструкторов, рекомендованных ГОСТ 9.049–91, в лабораторных условиях. Для этого образцы фильтровальной бумаги пропитывали растворами биоцидов с наночастицами серебра и помещали по методу 2 в чашки Петри. Для контроля использовали образцы фильтровальной бумаги, смоченной водой. После инокуляции суспензией спор грибов чашки Петри помещали в термостат и выдерживали при влажности $98 \pm 2\%$ и температуре $28 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 14 сут. Осмотр проводили через каждые 2–3 сут. По шестибальной шкале, отражающей наличие зон подавления роста, оценивали фунгицидную активность препарата, нанесенного на фильтровальную бумагу. Результаты представлены в таблице.

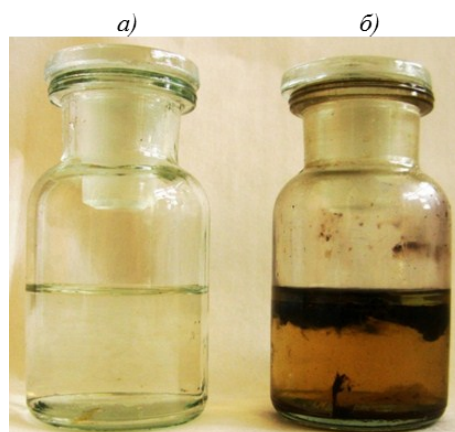


Рис. 3. Образцы авиационного топлива с биоцидной присадкой (а) и без присадки (б) после испытаний на микробиологическую стойкость

Влияние растворов с применением наночастиц серебра на жизнеспособность микроорганизмов-биодеструкторов в соответствии с шестибальной шкалой по ГОСТ 9.048–89

Биоцидные препараты с наночастицами серебра	Грибостойкость, балл (по ГОСТ 9.049–91, метод 2)
Контрольный образец	5
Условный номер препарата:	
1	1–2
2	2
3	2
4	2
Нанотекс	0–1
Нанотекс ЭКО	1
Нанотекс БИО	1

Полученные в ходе испытаний результаты свидетельствуют о том, что тестируемые препараты угнетают жизнедеятельность микроорганизмов-биодеструкторов.

Для дальнейшего исследования фунгицидной активности выбраны образцы текстильных материалов, различающиеся волокнистым составом, сорбционной способностью и степенью очистки от природных примесей, обработанные биоцидными растворами с наночастицами серебра и без обработки. Имобилизацию наночастиц серебра в целлюлозной матрице осуществляли методами пропитки, аэрозольного нанесения препаратов на ткани и магнетронным напылением частиц серебра на поверхность материалов. Испытания фунгицидной активности текстильных материалов, обработанных биоцидными препаратами с наночастицами серебра, проводили в лабораторных условиях по ГОСТ 9.049–91 (метод 2). В ходе испытаний установлено, что исследуемые препараты с наночастицами серебра могут быть использованы для защиты материалов на основе натуральных и синтетических волокон от микробиологического поражения методом пропитки. Однако расход растворов биоцидов с содержанием наночастиц серебра значительно меньше при аэрозольном нанесении, чем при пропитке, поэтому пропитку тканей

целесообразно использовать при изготовлении опытных партий, а аэрозольную обработку тканей – при эксплуатации изделий. Нанесение препаратов с наночастицами серебра магнетронным методом позволяет повысить грибостойкость материалов, однако образцы имеют значительный привес по серебру, при этом нанесение наночастиц серебра требует специального оборудования.

По результатам проведенных исследований разработаны технологическая рекомендация ТР1.2.2200–2011 «Биоцидная обработка с применением наночастиц серебра текстильных материалов на основе натуральных волокон» и технологическая рекомендация ТР1.2.2238–2012 «Биоцидная обработка с применением наночастиц серебра материалов на основе синтетических волокон». В настоящее время ведутся исследования по защите других неметаллических материалов, широко применяемых в авиационной промышленности, – резин, герметиков и др.

Дезинфекция

Один из наиболее эффективных способов борьбы с уже возникшими микробиологическими поражениями материалов и изделий, а также профилактики их возникновения – это дезинфекция. При проведении дезинфекций обычно использу-

ют химические вещества, обладающие дезинфицирующими свойствами: формальдегид или гипохлорит натрия, растворы органических веществ, хлоргексидин, четвертичные аммонийные соединения (ЧАСы), надуксусная кислота. Дезинфекция уменьшает количество микроорганизмов до приемлемого уровня, но полностью может их и не уничтожить. Различают профилактическую, текущую и заключительную дезинфекцию [16]:

– профилактическая (плановая и внеплановая) – проводится постоянно, независимо от обстановки: мытье (протирка) окружающих предметов с использованием моющих и чистящих средств, содержащих бактерицидные добавки;

– текущая – проводится перед работой на оборудовании, в изоляторах, боксах, рабочих помещениях;

– заключительная – проводится после работы на испытательном оборудовании, в боксах, рабочих помещениях и т. д. с целью уничтожения очага микроорганизмов.

Кроме того, существуют различные методы дезинфекции [16], которые выбирают в зависимости от поставленной цели. Механический способ не уничтожает бактерии и мицелиальные грибы, а временно сокращает их количество. Физический способ уничтожает микроорганизмы при условии соблюдения температурного режима. Химический способ – самый эффективный, позволяет разрушать токсины и уничтожать бактерии, вирусы и споры в самых труднодоступных местах при помощи дезинфицирующих средств [11]. Биологический способ уничтожает лишь вегетирующие (растущие и размножающиеся) формы микроорганизмов, в этом заключается его отличие от стерилизации, при которой уничтожаются и споровые формы. Комбинированный способ основан на сочетании нескольких из перечисленных методов.

Весьма важен выбор дезинфицирующих средств и метода дезинфекции с учетом специфики работы и насыщенности технологическим оборудованием и контрольно-измерительной аппаратурой, находящихся в помещении. В этих условиях необходимо учитывать не только антибактериальные свойства дезинфицирующих средств и их биологическую активность, но и решать вопрос о защите оборудования от коррозии, особенно оцинкованного металла. Многие дезинфицирующие средства (хлорная известь, гипохлорит натрия, кислоты) обладают выраженной коррозионной активностью в отношении цинка и приводят к частичному или полному разрушению цинкового покрытия. При выборе химических дезинфицирующих средств необходимо учитывать также, чтобы применяемое средство обладало достаточной бактерицидностью и широким спектром действия, не имело стойкого неприятного запаха, не портило предметы, хорошо растворялось в воде, проявляло дезинфицирующее и моющее действие в любой среде, было дешевым и транспортабельным и не накапливалось в организме [2, 11].

Во ФГУП «ВИАМ» проводились исследования эффективности и сохраняемости защитных свойств отечественных дезинфицирующих средств с последующим выбором наиболее эффективного препарата при оптимальной концентрации. Для исследования выбрали четыре экологически безопасных дезинфицирующих средства отечественного производства: Бианол, Оптимакс, Диабак, Вапусан-2000. Предварительно провели исследования коррозионной активности испытуемых дезинфицирующих средств с целью определения безопасной для применения концентрации. Для исследования эффективности дезинфицирующего средства препарат Бианол испытывали при концентрациях 0,2; 0,5 и 1% (по массе), так как установлено, что препарат может быть применен в концентрации не более 1% (по массе) (при большей концентрации препарат вызывает коррозионные процессы на ряде металлов). Препараты Оптимакс, Вапусан-2000 и Диабак испытывали при концентрациях 0,5; 1 и 3% (по массе). Образцы фильтровальной бумаги пропитывали водным раствором каждого средства определенной концентрации, помещали в чашки Петри с питательной средой сусло-агар и заражали суспензией спор плесневых грибов согласно ГОСТ 9.049–91. Для контроля использовали образцы фильтровальной бумаги, смоченной водой. Далее чашки Петри переносили в термостаты с температурой 28°C сроком на 14 дней. Осмотр проводили каждые 2–3 сут. Об эффективности препарата судили по отсутствию роста грибов на поверхности образцов и наличию ингибиторной зоны по окончании эксперимента (рис. 4). Так, на рис. 4, *а* дезинфицирующее средство обладает высокой эффективностью – отсутствует рост микроорганизмов на поверхности, вокруг образца хорошо видна ингибиторная зона. На рис. 4, *б* также отсутствует рост микроорганизмов и дезинфицирующее средство обладает средней эффективностью. На рис. 4, *в* наблюдается активный рост микроорганизмов на поверхности образца – средство не эффективно. Показано, что из четырех испытанных средств наибольшей эффективностью и сохраняемостью свойств обладают два препарата – Диабак и Вапусан-2000.

Во ФГУП «ВИАМ» ежегодно ведутся исследования по выбору наиболее эффективных и экологически безопасных дезинфицирующих средств, которые могут быть рекомендованы к применению в авиационной промышленности и других отраслях [2, 3]. На основе данных многолетних исследований разработаны методические материалы «Определение эффективности дезинфицирующих средств, применяемых для защиты материалов топливных систем от микробиологического поражения» и «Определение сохраняемости защитных свойств дезинфицирующих средств, применяемых для защиты материалов топливных систем от микробиологического поражения».

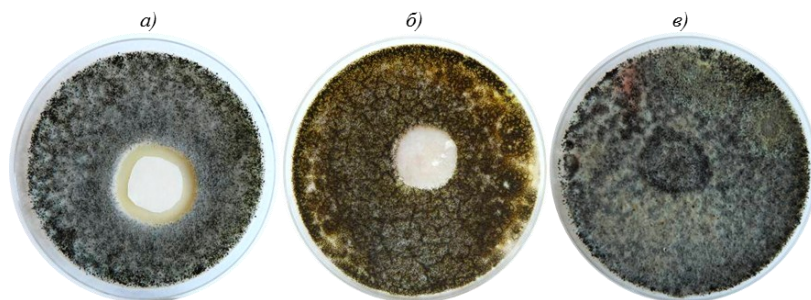


Рис. 4. Эффективность дезинфицирующего препарата (а–в)

Заключения

Таким образом, для эффективной борьбы с проблемой микробиологических повреждений материалов и изделий применяют антисептики, биоцидные препараты и присадки, дезинфицирующие средства. Выбор способа защиты зависит от ряда факторов: типа материала, условий его эксплуатации, наличия или отсутствия признаков микробиологического поражения и др. Во ФГУП «ВИАМ» по результатам многолетних исследований эффективности химических препаратов раз-

работан и выпущен «Справочник химических соединений для защиты неметаллических соединений и топлив от микробиологического поражения», включающий сведения об эффективности ряда антисептиков, дезинфицирующих средств и биоцидных присадок к топливу. Ввиду крайней важности решения данной задачи во ФГУП «ВИАМ» продолжатся исследования микробиологической стойкости авиационных материалов и разработка способов их защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
2. Каблов Е.Н., Полякова А.В., Васильева А.А., Горяшник Ю.С., Кириллов В.Н. Микробиологические испытания авиационных материалов // Авиационная промышленность. 2011. С. 35–40.
3. Полякова А.В., Кривушина А.А., Горяшник Ю.С., Бухарев Г.М. Испытания на микробиологическую стойкость в природных условиях различных климатических зон // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2016. №4 (40). Ст. 11. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 18.05.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-11-11.
4. Кривушина А.А., Чекунова Л.Н., Полякова А.В. Новый «керосиновый» гриб *Monascus floricornis* // Современная микология в России: матер. 3-го Съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии, 2012. Т. 3. С. 221.
5. Полякова А.В., Кривушина А.А., Горяшник Ю.С., Яковенко Т.В. Испытания на микробиологическую стойкость в условиях тепло и влажного климата // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. №7. Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 18.05.2016).
6. Каблов Е.Н., Кириллов В.Н., Жирнов А.Д., Старцев О.В., Вапиров Ю.М. Центры для климатических испытаний авиационных ПКМ // Авиационная промышленность. 2009. №4. С. 36–46.
7. Кривушина А.А., Полякова А.В., Горяшник Ю.С. Сравнительный анализ российских и зарубежных стандартов по проведению испытаний на грибостойкость // Комментарии к стандартам, ТУ, сертификатам: ежемесячное приложение к журналу «Все материалы. Энциклопедический словарь». 2014. №5. С. 2–7.
8. Семенов С.А., Гумаргалиева К.З., Заиков Г.Е. Биоповреждения материалов и изделий техники // Горение, деструкция и стабилизация полимеров. 2008. №2. С. 73–99.
9. Кириллов В.Н., Старцев О.В., Ефимов В.А. Климатическая стойкость и повреждаемость полимерных композиционных материалов, проблемы и пути решения // Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 412–423.
10. Левинсон У. Медицинская микробиология и иммунология. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 1181 с.
11. Полякова А.В., Васильева А.А., Горяшник Ю.С., Линник М.А. Биозащита авиационных материалов // Российский Химический Журнал. Т. LIV. 2010. С. 117–120.
12. Кривушина А.А. Микромицеты в авиационном топливе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 24 с.
13. Сумм Б.Д., Иванова Н.И. Коллоидно-химические аспекты нанохимии – от Фарадея до Пригожина // Вестник Московского университета. Сер. 2: Химия. 2001. Т. 42. №5. С. 300–305.
14. Ильин В.К., Новикова Н.Д., Григорьев А.И. Нанобиотехнология и космические исследования // Нанобиотехнология. 2008. №2. С. 93–94.
15. Пономарева Е.А., Яковенко Т.В. Влияние препаратов с наночастицами серебра на свойства текстильных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2013. №4. С. 35–38.
16. Осипова В.Л. Дезинфекция: учеб. пособ. для медицинских училищ и колледжей. М.: Геотар-Медиа, 2009. 136 с.