

## Создание биоцидных препаратов «Тефлекс» от синтеза нового полимера до линейки продукции. Часть 1. Разработка технологии получения биоцидных препаратов «Тефлекс»

В.Т.Ерофеев, МГУ им. Н. П. Огарева, Саранск  
Д.А.Светлов, «Софт Протектор», Санкт-Петербург  
В.Ф.Смирнов, ННГУ им. Н.И.Лобачевского, Н. Новгород  
Л.А.Краева, НИИЭМ имени Пастера, С.-Петербург  
М.А.Лубченков, «Софт Протектор», Финляндия  
Д.Д.Светлов, студент ВШБиПП, Санкт-Петербург

В статье приводится обзор отечественной и зарубежной литературы по биоповреждениям в зданиях и сооружениях, методам биозащиты материалов и изделий и результатам исследований по технологии получения биоцидного препарата на основе соединений гуанидина. Показано, что повреждения строительных материалов, вызванные размножением на них бактерий и мицелиальных грибов, представляют серьёзную опасность как для конструкций зданий и сооружений, так и для здоровья людей. Одним из наиболее эффективных способов защиты строительных материалов и конструкций от поражений микроорганизмами является применение биоцидных соединений. К отвечающим современным требованиям нетоксичным биоцидным препаратам относятся полимеры и олигомеры природного или синтетического происхождения. Среди широкого спектра полимерных биоцидов выделяется группа соединений, содержащих в своём составе гуанидиновую группировку (ПГМГ). Приводятся результаты исследования авторов по технологии получения модифицированных препаратов ПГМГ. Выявлено увеличение биоцидного эффекта при их модификации добавками кислот. Установлена комплексообразующая способность макромолекул ПГМГ с хлоридом железа. Приведены результаты исследований по снижению токсичности ПГМГ посредством удаления аммиака при температурной обработке. В итоге получены биоцидные композиции с широким спектром свойств, пригодные для получения биоцидных композиционных строительных материалов путём снижения обсеменённости микроорганизмами помещений, приборов, аппаратов, изделий, конструкций. Приведён перечень производимых по разрабатываемым технологиям биоцидных препаратов «Тефлекс».

*Ключевые слова:* долговечность конструкций, биоповреждения, микроорганизмы, защита от биоповреждений, биоцидные препараты, полимерные биоциды, производные гуанидина, полигексаметиленгуанидин – хлорид (ПГМГ-Х), ПГМГ-фосфат (ПГМГ-Ф), препараты «Тефлекс».

**Creation of Teflex Biocidal Preparations from the Synthesis of a New Polymer to the Product Line.**

### Part 1. Development of technology for producing biocidal preparations "Teflex"

V.T.Erofeev, Ogarev Mordovia State University, Saransk  
D.A.Svetlov, "Soft Protector", St. Petersburg  
V.F.Smirnov, UNN named after N.I.Lobachevsky, N. Novgorod  
L.A.Kraeva, Saint-Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg  
M.A.Lubchenkov, "Soft Protector", Finland  
D.D.Svetlov, GSB&FS student, St. Petersburg

The article provides an overview of domestic and foreign literature on biodeterioration in buildings and structures, methods of bioprotection of materials and products, and research results on the technology for producing a biocidal preparation based on guanidine compounds. It is shown that damage to building materials caused by the multiplication of bacteria and mycelial fungi on them represents a serious danger both to the structures of buildings and to human health. One of the most effective ways to protect building materials and structures from damage by microorganisms is the use of biocidal compounds. Non-toxic biocidal preparations that meet modern requirements include polymers and oligomers of natural or synthetic origin. Among a wide range of polymer biocides, a group of compounds containing a guanidine moiety (PHMG) is distinguished. The results of a study of the authors on the technology for producing modified preparations of PHMG are presented. An increase in the biocidal effect was revealed during their modification with acid additives. The complexing ability of PHMG macromolecules with iron chloride has been established. The results of studies to reduce the toxicity of PHMG by removing ammonia during heat treatment are presented. As a result, we obtained biocidal compositions with a wide range of properties suitable for producing biocidal composite building materials reducing the contamination of microorganisms in rooms, devices, apparatuses, products, structures. The list of Teflex biocidal preparations produced by the developed technologies is given.

*Keywords:* durability of structures, biodeterioration, microorganisms, protection against biodeterioration, biocide preparations, polymer biocides, guanidine derivatives,

polyhexamethyleneguanidine chloride (PHMG-X), PHMG phosphate (PHMG-F), Teflex preparations.

Повреждения строительных материалов, вызванные размножением на них бактерий и грибов, могут представлять серьёзную опасность как непосредственно для конструкций зданий и сооружений, так и для здоровья людей [1–18].

Эта проблема особенно актуальна для городов, в пределах которых находятся крупные промышленные предприятия мясомолочной, рыбной и консервной промышленности, сельскохозяйственные предприятия, а также производства, на которых путём микробиологического синтеза изготавливаются различные лекарственные препараты.

Поражения наблюдаются как в старых, так и в новых постройках. Эксперименты по изучению поведения материалов в условиях воздействия микроорганизмов и натурные обследования зданий и сооружений свидетельствуют о снижении прочностных показателей, разрушении бетонных и кирпичных изделий, отслаивании штукатурных покрытий, обесцвечивании или образовании пигментных пятен на лакокрасочных покрытиях, растворении стекла, разбухании шпатлёвок [2; 5; 8; 22]. Более всего подвержены биоразрушению целлюлозосодержащие материалы. Например, мицелиальные грибы за несколько месяцев способны уничтожить конструкции из древесных материалов. При благоприятных условиях микроорганизмы разрушают железобетон, металлы и т.д. Исследования показывают, что во многих зданиях и сооружениях заражённость помещений микроорганизмами превышает предельно допустимую норму в несколько десятков и даже сотен раз [5]. При этом процессы биоразрушений прогрессируют с каждым годом.

На ранней стадии поражения здание ещё можно отремонтировать, однако если процесс зашёл слишком далеко, оно подлежит сносу.

Наиболее активно подвергаются воздействию микроорганизмов исторические центры городов. Подавляющее большинство музеев, библиотек, архивов располагаются в зданиях более чем вековой давности. Строительные конструкции этих зданий, даже несмотря на ремонт, имеют нарушенную гидроизоляцию из-за геологических и климатических особенностей региона.

Обследование зданий различного назначения (в том числе и только что отремонтированных) в Санкт-Петербурге, проведённое в рамках инициативного исследования Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), показало, что в центре города большинство (80–90%) зданий вследствие нарушения горизонтальной и вертикальной гидроизоляции, протечек кровель и т.п. поражены различными организмами: бактериями, микроскопическими грибами (микромикетами), домовыми грибами, водорослями, лишайниками [19; 20]. Процессы биоповреждения в производственных помещениях перерабатывающих предприятий резко обостряют проблемы сохранения продовольствия: зерна и муки на мукомольных предприятиях, молока и мяса на мясомолочных комбинатах и т.д. [9].

Система мер по защите элементов объектов строительства от биоповреждений осуществляется по двум направлениям:

обеспечение снижения отрицательного воздействия микроорганизмов на биологическое разрушение материалов; получение новых фунгицидных и биостойких строительных материалов, предусматривающих использование биоцидных добавок.

Один из наиболее эффективных и длительно действующих способов защиты строительных материалов и конструкций от поражений микроорганизмами – применение биоцидных соединений [2]. Последние вводят в состав материала при его изготовлении или методом пропитки. Кроме того, на поверхность материалов и изделий, подверженных микробному поражению, наносят биоцидные лакокрасочные и клеящие покрытия [2].

Биоциды, используемые для уничтожения микроорганизмов, по механизму оказываемого воздействия можно разделить на две группы: фунгициды – для защиты материалов и изделий от повреждения грибами (главным образом плесневыми); бактерициды – для защиты от гнилостных, слизеобразующих, кислотообразующих и других бактерий. В основе токсического действия биоцидных добавок лежит их способность ингибировать активность ферментов и определённые реакции метаболизма микроорганизмов, угнетать дыхание, нарушать их клеточные структуры [2; 22; 24]. Фунгицид, контактируя с клеточной оболочкой гриба, проникает в клетку и вступает во взаимодействие с её компонентами, подавляя биосинтез. Многие классы фунгицидов вызывают дезорганизацию клеточных мембран, что приводит к увеличению проницаемости последних, выходу белков и эндогенных ферментов из клеток мицелия в культуральную жидкость. Фунгициды подавляют развитие микроорганизмов также за счёт снижения поступления питательных веществ из внешней среды в клетки гриба.

В результате проведённого анализа отечественной и зарубежной научно-технической литературы выявлены отвечающие современным требованиям нетоксичные биоцидные препараты [15–18]. К ним в большей мере относятся полимеры и олигомеры природного или синтетического происхождения [2; 5; 25–27]. Интерес к использованию препаратов этого класса для борьбы с вредной микрофлорой обусловлен возможностью решения проблем экологии и защиты как окружающей среды, так и различных материалов от воздействия окружающей среды, обеспечения длительности воздействия. Как правило, большинство полимерных антимикробных препаратов представляют собой макромолекулу, несущую положительный заряд, обусловленный наличием в структуре атомов азота. Полимеры, содержащие четвертичные аммониевые основания, хорошо растворимы в воде и проявляют биоцидную активность в концентрации, равной 1%. Эффективность биоцидного действия определяется величиной заряда атома азота, обеспечивающей взаимодействие с бактериальной клеткой, мембраны которой заряжены отрицательно [5]. Последовательность стадий взаимодействия, приводящих к гибели клетки, включает: адсорбцию биоцида на поверхности клетки, диффузию через мембрану, связывание с цитоплазматической мембраной и её разрушение, в результате чего происходит выделение цитоплазмы наружу и гибель клетки. Способность связываться с мембранами клеток определяется наличием положительного за-

ряда в полимере, а эффективность воздействия биоцида зависит от структуры заместителей у атомов азота и от природы микроорганизма. Например, против микобактерий туберкулёза более эффективным оказался препарат, содержащий ненасыщенные, двойные связи [2; 5]. Существенное влияние на активность биоцидных полимеров оказывает природа заместителей у атомов азота, которая определяет величину заряда и плотность ионогенных групп в макромолекуле. Сопоставление активности различных катионных полимеров показало, что увеличение плотности заряда введением в мономер нескольких азотсодержащих групп приводит к повышению биоцидной активности полимеров. Кроме того, было показано, что активность полимерных катионов (например, политриалкилвинилбензиламмонийхлорида и поливинилпиридинийбромид) и воздействие их на золотистый стафилококк и дрожжи в 3–15 раз превышает активность их мономеров [5].

Среди широкого спектра полимерных биоцидов выделяется группа соединений, содержащих в своём составе гуанидиновую группировку (ПГМГ). Гуанидин – фрагмент аминокислот и витамина В<sub>6</sub> – содержится в яичном альбумине, стрептомицине и многих белках, входит в состав гуано. Гуанидин имеет формулу (Н<sub>2</sub>Н)<sub>2</sub>С=NH. Он легкодоступен, высокоэффективен, обладает широким спектром бактерицидного действия и при этом является малотоксичным, не проникает через кожу и не накапливается в организме. ПГМГ впервые был синтезирован в США в 1943 году [25]. В России гуанидиновые антисептики впервые были синтезированы в институте

нефтехимического синтеза РАН П.А. Гембицким с сотрудниками путём поликонденсации гексометилендиомина (ГМДА) с гидроксидом гуанидина (ГХГ) [26; 27]. Их бактерицидное действие определяется способностью производных гуанидина связываться с клеточными стенками и мембранами бактерий, проникать в ядро клеток и ингибировать клеточные ферменты [5]. Способность связываться с мембранами в основном определяется наличием в макромолекуле положительно заряженных групп (четвертичных аммонийных групп) и наличием на поверхности клетки отрицательного заряда, обусловленного фосфатными группами липидов. Производные гуанидина проявляют наивысшую активность при наличии у заместителей 5–8 атомов углерода, и эти свойства сохраняются при включении гуанидина в полимерные композиции [5].

Нами проанализировано более трёхсот патентов, посвящённых производным гуанидина. Установлено, что их число с 2–5 в 1970-е годы превысило 20 к концу 1990-х годов. Большая их часть – около 300 – международные и европейские патенты, что свидетельствует о значении, которое придаётся в зарубежных странах разработкам, связанным с использованием производных гуанидина. Рост динамики патентования также указывает на повышение интенсивности исследований, их перспективности и наличие растущего спроса на препараты производных гуанидина на мировом рынке. Исследование тематики патентов показало, что около 70% касается создания новых химических соединений и препаратов на их основе, остальные посвящены совершенствованию технологии их получения. Свыше 50% патентов связаны с разработкой новых лекарственных препаратов, 20% – биоцидных, 30% – с использованием производных гуанидина в химической, ракетной, пищевой и косметической промышленности. В медицине производные гуанидина находят применение в качестве препаратов противовоспалительного, противоопухолевого, анальгетического и нейрозащитного действия.

Несмотря на большое количество разработок по данным фунгицидным соединениям следует отметить, что исследования в части разработки биостойких строительных материалов, изделий на их основе далеко не исчерпаны.

На первом этапе нами проведены сравнительные исследования бактерицидного действия ПГМГ и других добавок. Исследования (табл. 1) показали минимальную бактерицидную концентрацию по ПГМГ в сравнении с N-цетилпиридином, катамином АВ и амфолоном.

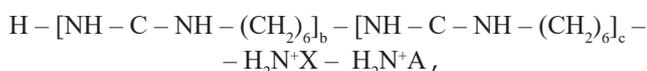
Второй этап исследований заключался в разработке модифицированных ПГМГ. Исследования заключались в получении органических кислот, различающихся по структуре и индуктивным эффектам, и определении влияния структуры кислоты на биоцидную активность препарата. Содержание кислот в препарате принималось равным 3%. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Из результатов следует, что биоцидный эффект зависит от строения кислоты. Наличие в её молекуле донорных или акцепторных групп определяет её ионную силу (рК). Чем сильнее кислота, тем выше биоцидный эффект препарата (при прочих равных условиях).

**Таблица 1. Бактерицидная активность различных соединений**

Наименование микроорганизма	Номер штамма	Минимальная бактерицидная концентрация по препарату, %			
		ПГМГ	N-цетилпиридин	Катамин АВ	Амфолан
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	0,007	0,025	0,012	0,012
<i>Escherichia coli</i>	5-3	0,007	0,025	0,012	0,012
<i>Escherichia coli</i>	101	0,007	0,05	0,05	0,012
<i>Escherichia coli</i>	«Ser»	0,007	0,025	0,02	0,025
<i>Escherichia coli</i>	K-12	0,0035	0,05	0,05	0,025
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	МНТК	0,0035	0,5–1	0,012	0,025
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC9027	0,007	0,5–1	0,012	0,025
<i>Proteus mirabilis</i>	185	0,015	0,05	0,025	0,1
<i>Proteus mirabilis</i>	«Poliakov»	0,035	0,05	0,025	0,1
<i>Proteus mirabilis</i>	286	0,025	0,015	0,05	0,2
<i>Proteus mirabilis</i>	99	0,015	0,025	0,05	0,2
<i>Proteus vulgaris</i>	HX19	0,031	0,01	0,025	0,1
<i>Klebsiellapneumoniae</i>	401	0,015	0,01	0,05	0,05
<i>Klebsiellapneumoniae</i>	244	0,007	0,05	0,05	0,05
<i>Serratia marcescens</i>	МНТК	0,0125	0,5–1,0	0,15	0,1
<i>Serratia marcescens</i>	104	0,012	1,0	0,15	0,1
<i>Staphylococcus aureus</i>	1094	0,00042	0,006	0,0025	0,005
<i>Staphylococcus aureus</i>	488	0,00084	0,006	0,00125	0,005
<i>Staphylococcus aureus</i>	«Wood»	0,00084	0,006	0,005	0,005
<i>Enterococcus faecalis</i>	155	0,0035	0,015	0,012	0,8
<i>Salmonellatyphimurium</i>	Wild	0,007	0,012	0,025	0,012
<i>Salmonellatyphimurium</i>	Wild	0,0035	0,012	0,12	0,05
<i>Salmonellatyphimurium</i>	19	0,0012		Не действует	
<i>Francisella tularensis</i>	–	0,8		«	
<i>Candida albicans</i>	ATCC 885–663	0,007	0,025	0,025	0,0025

В результате исследования разработана технология получения олигомеров из различных ингредиентов, что позволило увеличить спектр применения, повысить эффективность и улучшить сорбционные характеристики композиций. Конечный биоцидный препарат содержит олигомер солей ПГМГ с общей формулой



где X — анионы минеральных кислот (соляной, плавиковой, фосфорной); A — анионы органических кислот (муравьиной, лимонной, уксусной, олеиновой, стеариновой, глюконовой) в соотношении  $b/b + c = 0,6 \dots 0,99$  и  $c/b + c = 0,01 \dots 0,04$  со средней молекулярной массой  $1500 \pm 600$  и  $n = 5 \dots 12$ .

В зависимости от области применения олигомера разработаны методики его получения: путём смешивания соответствующего количества каждого из компонентов в водном растворе при комнатной температуре с последующим перемешиванием в течение 20–30 мин до достижения равновесия; путём обработки олигомера ПГМГ-X соответствующими кислотами и выдерживанием смеси до достижения полной однородности водного или водно-спиртового раствора.

На третьем этапе исследований установлена комплексообразующая способность макромолекул ПГМГ образовывать комплексы с хлоридом железа и проведено количественное измерение этой способности. Образование комплекса приводит к структурированию системы и повышению вязкости препарата.

На четвёртом этапе выявлена зависимость количества примесей в ПГМГ от температурной обработки реакционной смеси на стадии синтеза. Токсичность препарата снижается путём удаления аммиака при температурной обработке ( $t > 150-220$  °C). Хроматографические исследования (рис. 1) показывают, что содержание примесей уменьшается более чем на порядок.

При сравнении хроматограмм можно сделать вывод об отсутствии примесей во втором и третьем образцах (пик со временем выхода около 24 мин принадлежит меламину), первый образец (полисепт) отличает наличие большого числа низкомолекулярных примесей.

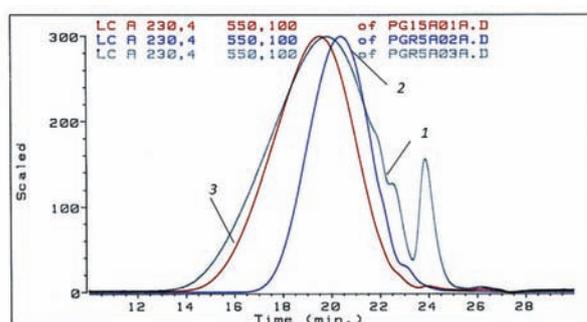
**Таблица 2. Влияние структуры кислоты на биоцидную активность препарата**

Кислота вводимая		Диаметр зоны задержки роста микроорганизмов, мм							
		E. coli	Penicillium spp.	S. aureus	S. aureus	Candida spp.	B. subtilis	A. niger	Средн. статист. мю
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лимонная pK = 2,94	0,05	7	7	8	8	5	9	5	7
	0,1	11	10	9	11	5	9	5	8–9
	0,5	12	15	12	14	10	13	10	12
	1,0	12	20	12	14	10	14	14	14
Уксусная pK = 4,76	0,05	5	7	6	5	6	6	5	6
	0,1	5	7	6	5	6	6	5	6
	0,5	8	18	9	5	7	10	5	9
	1,0	13	24	11	8	12	12	5	12
Муравьиная pK = 3,77	0,05	5	12	5	5	5	5	5	6
	0,1	5	15	6	6	5	5	5	7
	0,5	9	26	7	10	8	11	5	11
	1,0	10	32	9	10	8	15	6	13

Технологическая схема приготовления препаратов под торговой маркой «Тефлекс» приведена на рисунке 2.

В твёрдом виде олигомеры ПГМГ – это стеклоподобные вещества без цвета и запаха, хорошо растворимые в воде, спирте и других органических растворителях, с характеристической вязкостью 0,04–0,2 дл/г, нетоксичные. Олигомеры в растворах с концентрацией больше 0,01% характеризуются повышенной антибактериальной и фунгицидной активностью. Наличие разных функциональных групп обуславливает способность препарата к повышенной адгезии на различных поверхностях.

На пятом этапе осуществлён анализ разработанных методик получения универсальных биоцидных композиций с широким спектром свойств. В результате проведённых



1 – исходный полисепт, 2 – температурное воздействие в течение 50 мин, 3 – то же, в течение 120 мин

Рис. 1. Хроматограммы образцов препарата в зависимости от высоко-температурной обработки

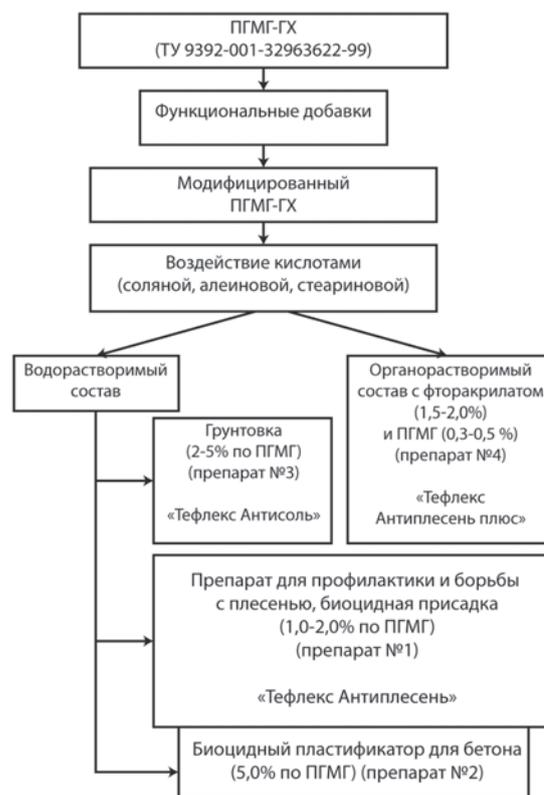


Рис. 2. Технологическая схема приготовления препаратов «Тефлекс»

исследований разработаны и апробированы методики получения препаративных средств, уменьшающих бактериальную обсеменённость помещений, приборов и инструментов.

С целью создания препарата, сочетающего эффективную бактерицидность с эксплуатационными характеристиками, при- сущими фторакрилату (гидрофобность, сохранение влагогазо-

обмена, пролонгированное действие), разработана технология получения новой композиции, состоящей из олигомера ПГМГ и фторакрилата (препарат № 4). Биоцидная активность олиго- меров ПГМГ, содержащих гидрофобизатор, в качестве которого использовали фторакрилат, различна (табл. 3).

Полученные композиции обладают свойствами олигомера и фторакрилата. Срок их биоцидного действия увеличен до нескольких лет, биоцидная активность олигомеров в составе композиции не снизилась, а в некоторых случаях оказалась выше при сохранении основных свойств препарата.

Состав композиции можно установить с учётом обрабаты- ваемого материала, особенностей эксплуатации объектов за- щиты, видов микроорганизмов, вызывающих биодеградацию, и экономической оценки [28].

Биоцидное действие гидрофобной композиции с фтора- крилатом изучали с использованием культуры *E. coli* (штамм М 17), выращенной на глюкозосодержащей питательной среде (концентрация 1,5 млрд кл./мл). При обработке чашек с куль- турой путём разбрызгивания препарата в течение 1 сек с рас- стояния 15 см диаметр колоний снизился в полтора-два раза по сравнению с контролем, число колоний уменьшилось в десять раз. Установлена бактериостатическая эффективность воз- действия композицией с фторакрилатом через определённые промежутки времени (с интервалом в 7 суток) на различные поверхности, обсеменённые микроорганизмами (табл. 4).

В результате исследования разработана технология по- лучения композиций с различными концентрациями ПГМГ в зависимости от объектов защиты и материалов, из которых они изготовлены. Воздух в помещениях обрабатывается путём распыления препарата № 1, для обработки стен и оборудо- вания используются препараты №№ 1–4 в виде аэрозоля, водного или спиртового раствора. При обработке тканей и ре- зинотехнических изделий препарат № 4 наносит на материал путём распыления или замачивания. Исследования показали снижение бактериального фона в два-три раза.

«Тефлекс» (препараты №№ 1–4) имеют высокие эксплуа- тационные показатели (защищают от воздействия влажности, предотвращают заболеваемость, дезинфицируют воздух и по- верхности, не оказывают токсичного воздействия), и их можно использовать в присутствии человека и животных. «Тефлекс» эффективны при использовании в строительстве, для борьбы с биоповреждениями, например, обрастанием плесенью, для об- работки деревянных изделий, бетонных и других сооружений.

В таблице 5 приведены исследования действия биоцидных препаратов №№ 1–4 различных концентраций по отношению к различным микроорганизмам.

Из результатов исследований следует, что растворы всех препаратов высокоактивны против всех тестированных штам- мов, в том числе бактерий, дрожжеподобных и плесневых грибов. Максимальную активность проявил препарат № 2, давший наибольшие зоны отсутствия роста вокруг дисков.

В настоящее время в РФ в качестве дезинфицирующих средств выпускают препараты «Полисефт» (ПГМГ-Х, твёрдая форма, 95 %);

**Таблица 3. Результаты испытаний биоцидной активности препаратов**

Препарат	Концентрация %	Диаметр зоны задержки роста микроорганизмов под влиянием препаратов, мм						
		<i>E. coli</i>	<i>Penicillus spp</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Candida spp</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>A. niger</i>
ПГМГ-Х	0,1	5	7	6	5	6	6	5
	0,5	8	18	9	5	7	10	5
	1,0	13	24	11	8	12	12	5
ПГМГ-Х + фторакрилат	0,1	6	13	5	6	5	5	5
	0,5	8	20	8	12	8	9	6
	1,0	8	20	12	12	12	13	7

**Таблица 4. Бактериостатическая эффективность композиций с фторакрилатом на поверхности обсеменённые микроорганизмами**

Поверхность	Опыт КОЕ/см <sup>2</sup> (X̄)			Контроль КОЕ/см <sup>2</sup> (X̄)		
	1	2	3	1	2	3
Стекло	2,9	3,0	2,8	12,9	20,0	25,0
Металл	4,5	4,6	4,8	7,6	52,6	74,0
Кафель	11,0	11,2	11,1	19,6	37,2	80,0
Масляная краска	5,1	5,2	4,9	11,3	48,4	120,0
Ткань	10,1	10,0	10,2	25,5	40,0	100,0

**Таблица 5. Результаты исследования действия биоцидных препаратов**

Вид микробов	Разведение ПГМГ, %	Зона отсутствия роста микроорганизмов вокруг препарата, мм			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>E. coli</i>	1	4	3		
	0,1	1	1		2,5
	0,01	0,5	0,5	3	
	0,001	0,2	0,1		
<i>S. aureus</i>	1	6	7		
	0,1	2	4		5,5
	0,01	1	2	6	
	0,001	0	0		
<i>Candida spp.</i>	1	4	4		
	0,1	1	2		0
	0,01	0	0	5,5	
	0,001	0	0		
<i>Aspergillus spp.</i>	1	4 (ингибция)	4 (ингибция)		
	0,1	0	0		4
	0,01	0	0	3	
	0,001	0	0		

«Биопаг-Д» и «БИОР-1» (20% водный раствор ПГМГ-Х); «Тефлекс Антиплесень», «Тефлекс Антисоль смывка», «Тефлекс Реставратор», «Тефлекс Защита для металла» (1–5% водный раствор ПГМГ-Х); биоцидный пластификатор «Тефлекс-5» (1–5% водный раствор ПГМГ-Х); средство «Тефлекс дезинфицирующий» (9,5–10,5% водный раствор ПГМГ-Х); «Фосфопаг-Д» (20% водный раствор ПГМГ-Ф); «Тефлекс индустриальный» (40% водный раствор ПГМГ-Х) [28].

#### Литература

1. Андреев, Е.И. Микробиологическая коррозия строительных сталей и бетонов / Е.И. Андреев, И.А. Козлова, А.М. Рожанская // Биоповреждения в строительстве. – М., 1984. – С. 209–218.
2. Биологическое сопротивление материалов / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов [и др.]. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
3. Биоповреждения в строительстве / Ф.М. Иванов, С.Н. Горшин, Дж. Уайт [и др.]; под ред. Ф.М. Иванова, С.Н. Горшина. – М. : Стройиздат, 1984. – 320 с.
4. Бочаров, Б.В. Биостойкость материалов (стойкость к воздействию плесневых грибов, насекомых и грызунов) / Б.В. Бочаров, А.А. Герасименко, И.А. Коровина. – М. : Стройиздат, 1986. – 206 с.
5. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / под ред. П.Г. Комохова, В.Т. Ерофеева, Г.Е. Афиногенова. – СПб : Наука, 2010. – 192 с.
6. Ильичёв, В.Д. На стыке экологии и техники / В.Д. Ильичёв // Биоповреждения в строительстве. – М., 1984. – С. 4–9.
7. Коваль, Э.З. Микодеструкторы промышленных материалов / Э.З. Коваль, Л.П. Сидоренко. – Киев : Наук. думка, 1989. – 192 с.
8. Лугаускас, А.Ю. Поражение полимерных материалов микромицетами / А.Ю. Лугаускас, Л.И. Левинскайте, Д.И. Лукшайте // Пластические массы. – 1991. – № 2. – С. 24–28.
9. Микодеструкторы строительных конструкций внутренних помещений предприятий пищевой промышленности / Э.З. Коваль, В.А. Серебренник, Е.Л. Рогинская, Ф. М. Иванов // Микробиологический журнал – 1991. – Т. 53. – № 4. – С. 96–103.
10. Sand, W. Microbial corrosion and its inhibition / W. Sand // Biotechnology. Vol. 10, 2nd ed. / Rehm H.J. (ed.). – Weinheim : Wiley-VCH Verlag, 2001. – P. 267–316.
11. Vincke, E. Analysis of the microbial communities on corroded concrete sewer pipes – a case study / E. Vincke, N. Boon, W. Verstraete // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2001. – № 57. – P. 776–785.
12. Cwalina, B. Korozja kamienia i betonu wzbudzona przez drobnoustroje / B. Cwalina // Ochrona przed Korozją. – 2004. – № 1. – P. 17–23. (in Polish).
13. Quantifying microbially induced deterioration of concrete: Initial studies / D.J. Roberts, D. Nica, G. Zuo, J.L. Davis // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2002. – № 49. – P. 227–234.
14. Eriksen, K. Thaumasia attack on concrete at Marbjerg Waterworks / K. Eriksen // Cement and Concrete Composites. – 2003. – № 25. – P. 1147–1150.
15. Biological resistance of cement composites filled with dolomite powders / Erofeev V., Kalashnikov V., Emelyanov D. [et al.] // Solid State Phenomena. – 2016. – № 871. – P. 33–39. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.871.33.
16. Videla, H.A. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future / H.A. Videla, L.K. Herrera // International Microbiology. – 2005. – № 8 (3). – P. 169–180.
17. Development of Biocidal Cements for Buildings and Structures with Biologically Active Environments / Travush, V.I., Karpenko, N.I., Erofeev, V.T. [et al.] // Power Technology and Engineering. – 2017. – № 51 (4). – P. 377–384. DOI: 10.1007/s10749-017-0842-8.
18. Оценка коррозии стеклощелочных композитов, прогнозирование их физико-химического сопротивления и способы его повышения / Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия «Технология текстильной промышленности». – 2018. – № 2 (374). – С. 238–246.
19. Erofeev, V. Frame Construction Composites for Buildings and Structures in Aggressive Environments / V. Erofeev // Procedia Engineering. – 2016. – № 165. – Pp. 1444–1447. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.877
20. Противодействие биоповреждениям на этапах строительства, эксплуатации и ремонта в жилых и производственных помещениях : учеб. пособие / В.Т. Ерофеев, Д.А. Светлов, С.В. Казначеев [и др.]; под общ. ред. акад. РААСН В.Т. Ерофеева. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 172 с.
21. Старцев, С.А. Методы ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций. Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – с. 15–20.
22. Смирнов, В.Ф. О влиянии фунгицидов на активность кислых, нейтральных и щелочных липаз *Rhizopus oryzae* / В.Ф. Смирнов, А.Н. Леонтьева, М.В. Воробьева // Регуляция ферментативной активности у растений. – Горький, 1990. – С. 35–39.
23. Анисимов, А.А. О биохимических механизмах действия фунгицидов / А.А. Анисимов, И.Ф. Александрова // Биоповреждения в промышленности. – Горький, 1983. – С. 7–17.
24. Фельдман, М.С. Эффективные фунгициды на основе смол термической переработки древесины / М.С. Фельдман, Ю.М. Гольдшмидт, М.З. Дубиновский // Биоповреждения в промышленности : тез. докл. конф. : в 2 ч. Ч. 1. – Пенза, 1993. – С. 86–87.
25. Bolton, E.K. Полимерные гуанидины и процесс их получения / Bolton E.K., Coffman D.D. – USP, Z60 2. – 1943. – № 2. – P. 325, 586.
26. Данилина Н.И. Гембицкий П.А., Кузнецов О.Ю., Боронина Т.В., Способ получения полимера гексаметилендиамина. А.С. СССР №1808832 Б.И. 1993, №14
27. Сафонов Г.А., Гембицкий Л.А., Кузнецов О.Ю., Ключев В.Г., Калинина Т.А., Родионов А.В. Способ получения дезинфицирующего средства // А.С. СССР № 1616898, Б.И. 1990, №48
28. Патент № 2142293 Российской Федерации, МПК А61L2/16, С1. Биоцидный препарат / Д. А. Светлов, Д. А. Топчиев, П. А. Гембицкий и др.; Заявитель и патентообладатель Д. А. Светлов, П. А. Гембицкий и др. 98116901/13; заявл. 02.11.1998; опубл. 10.12.1999. № 34. С 173.

## References

1. Andreyuk E.I., Kozlova I.A., Rozhanskaya A.M. Mikrobiologicheskaya korrozija stroitel'nykh staley i betonov [Microbiological corrosion of building steels and concretes]. *Biopovrezhdeniya v stroitel'stve [Bio-damage in construction]*. Moscow, 1984, pp. 209–218.
2. V.I. Solomatov, V.T. Erofeev, V.F. Smirnov [et al.]. Biologicheskoe soprotivlenie materialov. Saransk, Mordovia State University Publ., 2001, 196 p.
3. F.M. Ivanov, S.N. Gorshin, Dzh. Uait [et al.]. Biopovrezhdeniya v stroitel'stve [Bio-damage in construction], F.M. Ivanova, S.N. Gorshina (eds.). Moscow, Stroizdat Publ., 1984, 320 p.
4. Bocharov B.V., Gerasimenko A.A., Korovina I.A. Biostoikost' materialov (stoikost' k vozdeistviyu plesnevnykh gribov, nasekomykh i gryzunov) [Biostightness of materials (resistance to mold fungi, insects and rodents)]. Moscow, Stroizdat Publ., 1986, 206 p.
5. Zashchita zdaniy i sooruzhenii ot biopovrezhdenii biotsidnymi preparatami na osnove guanidina [Protection of buildings and structures from biological damage with biocidal preparations based on guanidine], P.G. Komokhova, V.T. Erofeeva, G.E. Afinogenova (eds.). Saint Petersburg, Nauka Publ., 2010, 192 p.
6. Il'ichev V.D. Na styke ekologii i tekhniki [At the intersection of ecology and technology]. *Biopovrezhdeniya v stroitel'stve [Biological damage in construction]*. Moscow, 1984, pp. 4–9.
7. Koval' E.Z., Sidorenko L.P. Mikodestrukty promyshlennykh materialov [Mikodestruction of industrial materials]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1989, 192 p.
8. Lugauskas A.Yu., Levinskaite L.I., Lukshaite D.I. Porazhenie polimernykh materialov mikromitsetami [Damaging of polymeric materials by micromycetes]. *Plasticheskie Massy [Plastics.]*, 1991, no. 2, pp. 24–28.
9. Koval' E.Z., Serebrenik V.A., Roginskaya E.L., Ivanov F.M. Mikodestrukty stroitel'nykh konstruksii vnutrennikh pomeshchenii predpriyatii pishchevoi promyshlennosti [Mikodestruction of building structures inside the premises of food industry enterprises]. *Mikrobiologicheskii zhurnal [Microbiological journal]*, 1991, Vol. 53, no. 4, pp. 96–103.
10. Sand W. Microbial corrosion and its inhibition. In: Rehm H.J. (Ed.), *Biotechnology*, Vol. 10, 2nd ed. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2001, pp. 267–316.
11. Vincke E., Boon N., Verstraete W. Analysis of the microbial communities on corroded concrete sewer pipes – a case study. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2001, no. 57, p. 776–785.
12. Cwalina B.; Korozja kamienia i betonu wzbudzona przez drobnoustroje [The stone and concrete corrosion influenced by microorganisms]. *Ochrona przed Korozja*, 2004, no.1, pp. 17–23.
13. Roberts D.J., Nica D., Zuo G., Davis J.L. Quantifying microbially induced deterioration of concrete: Initial studies. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 2002, no. 49, pp. 227–234.
14. Eriksen K.; Thaumaside attack on concrete at Marbjerg Waterworks. *Cement and Concrete Composites*, 2003, no. 25, pp. 1147–1150.
15. Erofeev V., Kalashnikov V., Emelyanov D., Balathanova E., Erofeeva I., Smirnov V., Tretiakov I., Matvievskiy A. Biological resistance of cement composites filled with dolomite powders. *Solid State Phenomena*, 2016, no. 871, pp. 33–39. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.871.33.
16. Videla H.A., Herrera L.K.; Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. *International Microbiology*, 2005, no. 8 (3), pp. 169–180.
17. Travush V.I., Karpenko N.I., Erofeev V.T., Rodin A.I., Smirnov V.F., Rodina N.G. Development of Biocidal Cements for Buildings and Structures with Biologically Active Environments. *Power Technology and Engineering*, 2017, no. 51 (4), pp. 377–384. DOI: 10.1007/s10749-017-0842-8.
18. Erofeev V.T., Fedortsov, A.P., Bogatov, A.D., Fedortsov, V.A., Gusev, B.V. Otsenka korrozii stekloshchelochnykh kompozitov, prognozirovaniye ikh fiziko-khimicheskogo soprotivleniya i sposoby ego povysheniya [Evaluation of corrosion of alkaliglass composites, predicting their physico-chemical resistance and ways to improve it]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti [News of higher educational institutions. Series "Technology of the textile industry"]*, 2018, no. 2 (374), pp. 238–246.
19. Erofeev V. Frame Construction Composites for Buildings and Structures in Aggressive Environments. *Procedia Engineering*, 2016, no. 165, pp. 1444–1447. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.877.
20. Erofeev V.T., Svetlov D.A., Kaznacheev S.V. [et al.] Protivodeistvie biopovrezhdeniyam na etapakh stroitel'stva, ekspluatatsii i remonta v zhilykh i proizvodstvennykh pomeshcheniyakh [Counteraction to biodeterioration at the stages of construction, operation and repair in residential and industrial premises: textbook. allowance], ucheb. posobie, V.T. Erofeev (ed.). Saransk, Mordovia State University Publ., 2017, 172 p.
21. Startsev S.A. Metody likvidatsii posledstviy biopovrezhdeniya stroitel'nykh konstruksii [Methods of eliminating the effects of biodeterioration of building structures]. *Biopovrezhdeniya i biokorroziya v stroitel'stve: Materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. [Biodeterioration and biocorrosion in construction: Materials of Intern. scientific and technical conf.]*. Saransk, Mordovia State University Publ., 2004, pp. 15–20.
22. Smirnov V.F., Leont'eva A.N., Vorob'eva M.V. O vliyaniy fungitsidov na aktivnost' kislykh, neutral'nykh i shchelochnykh lipaz *Rhizopus oryzae* [On the effect of fungicides on the activity of acid, neutral and alkaline lipases of *Rhizopus oryzae*]. *Regulyatsiya fermentativnoi aktivnosti u rastenii [Regulation of enzymatic activity in plants]*. Gor'ky, 1990, pp. 35–39.
23. Anisimov A.A., Aleksandrova I.F. O biokhimicheskikh mekhanizmach deistviya fungitsidov [About biochemical mechanisms of action of fungicides]. *Biopovrezhdeniya v promyshlennosti [Biological damages in industry]*. Gor'ky, 1983, pp. 7–17.
24. Fel'dman M.S., Gol'dshmidt Yu.M., Dubinovskii M.Z. Effektivnye fungitsidy na osnove smol termicheskoi pererabotki drevesiny [Effective fungicides based on resins of thermal processing

of wood]. *Biopovrezhdeniya v promyshlennosti [Biological damages in industry]*, tez. dokl. konf. In 2 parts. P. 1. Penza, 1993, pp. 86–87.

25. Bolton E.K., Coffmon D.D. Polimernye guanidiny i protsess ikh polucheniya [Polymer guanidines and the process of their preparation]. *USP, Z60 2*, 1943, no. 2, pp. 325, 586.

26. Danilina N.I. Gembitskii P.A., Kuznetsov O.Yu., Boronina T.V., Sposob polucheniya polimera geksometilendiamina [Method for the production of hexomethylenediamine polymer]. A.S. SSSR № 1808832 B.I. 1993, №14.

27. Safonov G.A., Gembitskii L.A., Kuznetsov O.Yu., Klyuev V.G., Kalinina T.A., Rodionov A.V. Sposob polucheniya dezinfitsiruyushchego sredstva [A method of obtaining a disinfectant]. A.S. SSSR № 1616898, B.I. 1990, №48.

28. Patent № 2142293 Rossiiskoi Federatsii, MPK A61L2/16, S1. Biotsidnyi preparat / D. A. Svetlov, D. A. Topchiev, P. A. Gembitskii i dr.; Zayavitel' i patentoobladatel' D. A. Svetlov, P. A. Gembitskii i dr. 98116901/13; zayavl. 02.11.1998; opubl. 10.12.1999. № 34. S 173.

**Ерофеев Владимир Трофимович** (Саранск). Доктор технических наук, профессор, академик РААСН. Заведующий кафедрой строительных материалов и технологий, декан архитектурно-строительного факультета ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» (430000, г. Саранск, Советская, 24). Эл почта: AL\_Rodin@mail.ru.

**Светлов Дмитрий Анатольевич** (С.-Петербург). Кандидат технических наук, доцент. Генеральный директор ООО «Софт Протектор» (195030, С.-Петербург, ул. Химиков, дом 28, лит. Ц. Софт-Протектор). Эл. почта: teflex@list.ru.

**Смирнов Василий Филлипович** (Н. Новгород). Доктор биологических наук, профессор. Заведующий химико-биологическим отделом НИИ химии ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный университет» (603022, Н.Новгород, просп. Гагарина, 23, кор. 5. ННГУ им. Н.И.Лобачевского). Эл. почта: AL\_Rodin@mail.ru.

**Краева Людмила Александровна** (С.-Петербург). Доктор медицинских наук, доцент. Заведующая лабораторией медицинской бактериологии ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» (197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 14. НИИЭМ имени Пастера), профессор кафедры микробиологии Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова. Эл. почта: lykraeva@yandex.ru.

**Лубченков Михаил Анатольевич** (С.-Петербург). Ph.D. клеточная биология, MBA финансы. Научный консультант ООО «Софт Протектор». Эл. почта: mlsuo@yahoo.com.

**Светлов Даниил Дмитриевич** (С.-Петербург) Студент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств (194021, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 48-50. ВШБТИПП). Эл. почта: svetlov-dan@mail.ru.

**Erofeev Vladimir T.** (Saransk). Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of RAACS. Head of the Department of Building Materials and Technologies, Dean of the Faculty of Architecture and Construction Engineering at the Ogarev Mordovia State University (24 Sovetskaya Str., Saransk, 430000. MRSU). E-mail: AL\_Rodin@mail.ru.

**Svetlov Dmitry A.** (Saint Petersburg). Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. General Director of 000 "Soft-Protector" (28 Khimikov Str., St. Petersburg, 195030. Soft Protector). E-mail: teflex@list.ru

**Smirnov Vasily F.** (N. Novgorod). Doctor of Biological Sciences, Professor. Head of the Chemical and Biological Department of Research Institute of Chemistry of Nizhny Novgorod State University (603022, N. Novgorod, 23 Gagarina Ave., Building 5. UNN named after N.I. Lobachevsky). E-mail: AL\_Rodin@mail.ru.

**Kraeva Lyudmila A.** (Saint Petersburg). Doctor of Medical Sciences, Associate Professor. Head of the Laboratory of Medical Bacteriology of the Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology (14, Mira str., St Petersburg, 197101. Pasteur Institute), Professor of the Department of Microbiology at the S.M. Kirov Military Medical Academy. E-mail: lykraeva@yandex.ru.

**Lubchenkov Mikhail A.** (St. Petersburg). Candidate of Cell Biology. MBA. Scientific Advisor 000 "Soft-Protector". E-mail: mlsuo@yahoo.com.

**Svetlov Daniil D.** (Saint Petersburg). Student of bachelor's degree at the Graduate school of biotechnology and food science (48-50 Novorossiyskaya Str., St. Petersburg, 194021. GSB&FS). E-mail: svetlov-dan@mail.ru