

УДК 620.165.79

*А.В. Полякова<sup>1</sup>, А.А. Кривушина<sup>1</sup>, Ю.С. Горяшник<sup>1</sup>, Г.М. Бухарев<sup>1</sup>***ИСПЫТАНИЯ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ  
В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН**

DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-11-11

*Биологическому повреждению подвержены практически все материалы и изделия, особенно в условиях теплого влажного климата. Наряду с лабораторными испытаниями на микробиологическую стойкость материалов следует проводить испытания в естественных условиях. Эти испытания позволяют выделять микрофлору и выявлять активные виды микроорганизмов-биодеструкторов, которые могут использоваться при проведении ускоренных испытаний, исследовать сохранность защитного эффекта антисептических препаратов.*

*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:** *биоповреждения, грибостойкость, биодеструкторы, микромицеты, биоповреждения.*

*Biodeterioration attacks practically all materials and products especially under conditions of warm and humid climate. In addition to microbiological resistance tests in laboratory such tests under natural conditions are extremely recommended. These tests allow isolating microorganisms and revealing active strains of microorganisms-biodestructors, which can be used for microbiological resistance tests in laboratory and for study of protective properties of antiseptics and biocides.*

*Work is executed within implementation of the complex scientific direction 18.4. «Development of protection methods against biological damage of materials operating in the conditions of different climatic zones» («The strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030») [1].*

**Keywords:** *biodeterioration, microbiological resistance, biodestructors, micromycetes, biodeterioration.*

---

<sup>1</sup>Федеральное 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

В последние годы все чаще встает вопрос о проблеме биоповреждений – влиянии микроорганизмов на различные материалы. Особенно часто биологическому повреждению подвергаются материалы и изделия в условиях влажного тропического и субтропического климата. Жизнедеятельность микроорганизмов, среди которых присутствуют грибы, бактерии и актиномицеты, ускоряет процессы коррозии и старения металлов, приводит к потере чувствительности радиоэлектронных устройств, снижает светопропускание и отражение оптических приборов, изменяет электрические параметры электронных и электрических устройств, снижает в 2–5 раз срок службы изоляционных материалов и др. Под влиянием микроорганизмов изменяют свои свойства горючесмазочные материалы, нарушаются режимы работы топливных систем и т. п. [1–8].

На рост и развитие микроорганизмов влияет целый ряд факторов, среди которых наиболее значимыми являются температура и влажность [9–11]. Оптимальная температура для развития большинства плесневых грибов и бактерий составляет 25–30°C. Кроме того, чем больше влажность окружающей среды, тем активнее растут микроорганизмы. Именно поэтому изделия, эксплуатирующиеся в климатических зонах с повышенной температурой и влажностью (субтропики и тропики), в значительной степени подвержены влиянию микроорганизмов [12, 13].

В России наиболее благоприятной зоной для проведения этих испытаний является юг Черноморского побережья с теплым влажным (субтропическим) климатом [9].

В районе г. Сочи в юго-восточной части тисосамшитовой рощи (рис. 1) была организована микологическая площадка Института природо-технических систем (ИПТС) для проведения испытаний в соответствии с ГОСТ 9.053–91 «ЕСЗКС. Материалы неметаллические и изделия с их применением. Метод испытаний на микробиологическую стойкость в природных условиях в атмосфере». Микологическая площадка представляет собой участок площадью 0,5 гектара, который располагается в низменной, хорошо увлажненной местности, защищенной от действия ветра и затененной двухъярусной растительностью. Растительность площадки типично лесная, площадей, не покрытых лесом, нет. Почвенный покров представлен перегнойно-карбонатными выщелочными среднemosными почвами. Таким образом, на микологической площадке созданы условия для активного развития почвенной микрофлоры [14, 15].

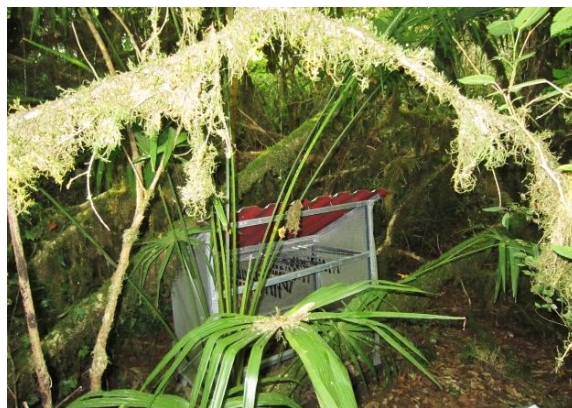


Рис. 1. Испытания в тисосамшитовой роще (г. Сочи, Краснодарский край) с теплым влажным (субтропическим) климатом

В виду отсутствия возможности проведения испытаний во влажном тропическом климате, была организована площадка с условиями, имитирующими такой климат. Площадка находится на территории Новой оранжереи Отдела тропических и субтропических растений Главного ботанического сада (ГБС) РАН, на которой, помимо климата, имитируется также растительность вышеуказанных зон.

Тропическое отделение Новой оранжереи Отдела тропических и субтропических растений ГБС РАН оснащено уникальной установкой, имитирующей условия влажного тропического климата, с компьютеризированной системой климат-контроля. В Тропическом отделении работают поливочная система «тропический ливень» и туманообразующая установка, а также система вентиляции, являющиеся составной частью системы температурного и влажностного контроля в оранжерее, который также осуществляется системами отопления почвы и воздушного пространства. Высота конструкций Тропического отделения в наивысшей точке составляет 33,7 м, общая площадь: 1600 м<sup>2</sup> (рис. 2). В Тропическом отделении (рис. 3) поддерживаются два основных типа температурно-влажностного режима – теплый (с 1 апреля по 30 сентября) и холодный.



Рис. 2. Тропическое отделение Новой оранжереи Главного ботанического сада РАН для имитации влажного тропического климата

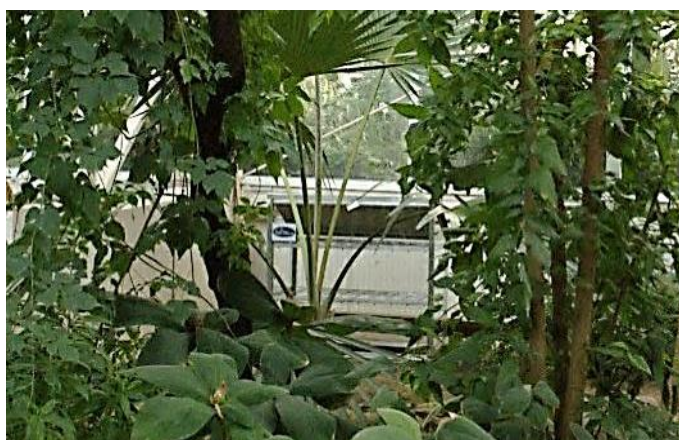


Рис. 3. Микологический стенд в оранжерее Отдела тропических и субтропических растений Главного ботанического сада РАН

Микробиологическому воздействию материалы подвергаются и в других климатических районах, поэтому с помощью ВИАМ организованы микологические площадки в умеренно холодном климате (рис. 4) на территории Звенигородской биологической станции МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Звенигород) и в умеренно континентальном климате (рис. 5) на территории ботанического сада биологического факультета Мордовского университета им. Н.П. Огарева (г. Саранск).



Рис. 4. Площадка с условиями умеренно холодного климата на территории Звенигородской биологической станции им. С.Н. Скадовского при МГУ им. М.В. Ломоносова



Рис. 5. Площадка с условиями умеренно континентального климата на территории ботанического сада МГУ им. Н.П. Огарева (г. Саранск)

Микологическая площадка в условиях умеренно холодного климата находится на территории Звенигородской биологической станции (ЗБС) им. С.Н. Скадовского при биологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, на надпойменной террасе по правому берегу р. Москвы, в 11 км выше по течению от г. Звенигорода. По характеру растительности, почвам, геологическому строению территория ЗБС входит в зону южной тайги и отнесена к подзоне еловых лесов с примесью элементов широколиственного леса.

Площадка располагается в зеленчуково-волосисто-осоковом липняке с частично еловой растительностью, вдоль пологого склона Стерляжьего оврага, на хорошо увлажненной местности (на территории имеется выход грунтовых вод с постоянным водотоком), защищена от действия ветра и затенена двухъярусной растительностью.

Микологическая площадка в условиях умеренно континентального климата (ботанический сад биофака МГУ им. Н.П. Огарева, г. Саранск) располагается в низменной, хорошо увлажненной местности (на территории протекает ручей с постоянным водотоком); почвы – лугово-болотные тяжелосуглинистые с близким залеганием грунтовых вод.

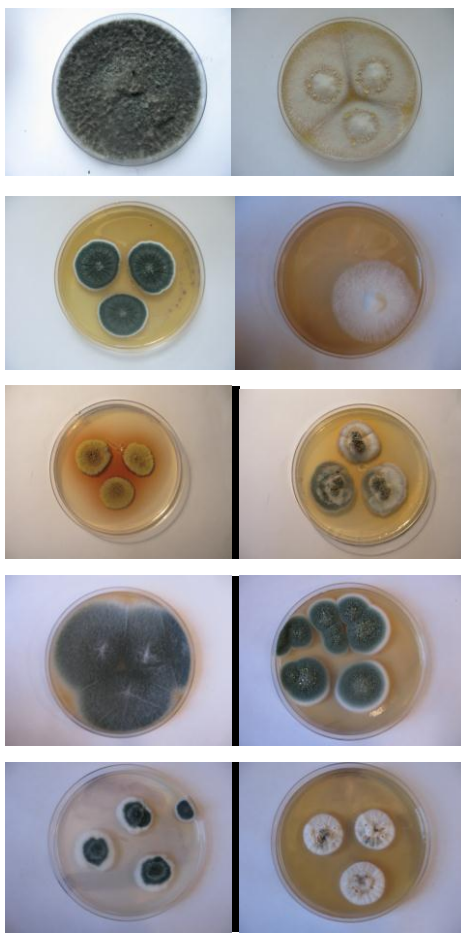
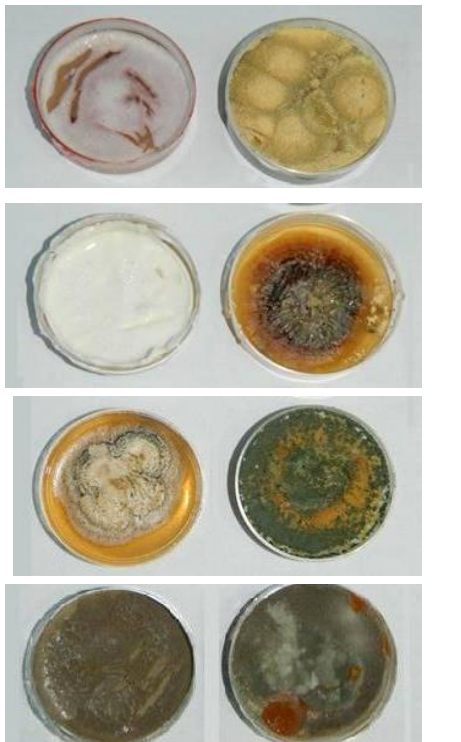
Состав видов древесно-кустарниковых пород разнообразен и представлен следующими видами: ель колючая, ива пепельная, ива ломкая, дерен белый, жимолость и др.

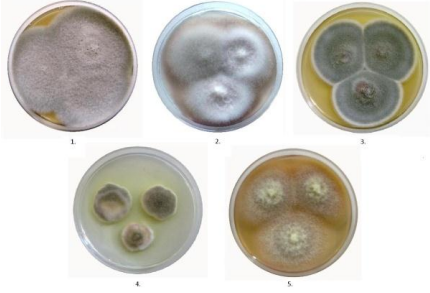
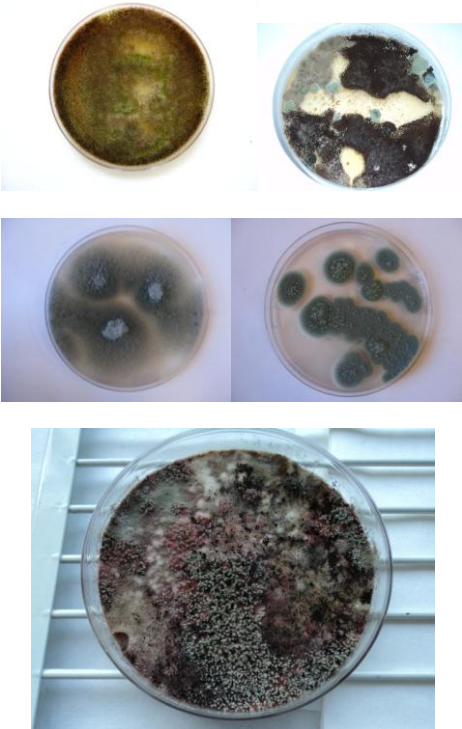
Таким образом, микологические площадки обеспечивают благоприятные условия для развития микроорганизмов и микромицетов (ГОСТ 9.053–75, п.3.1). На всех микологических площадках проведены работы по выделению микрофлоры, исследованию видового состава и количества потенциальных микроорганизмов-биодеструкторов, выставлены контрольные образцы хлопчатобумажных тканей с пропиткой питательной средой.

Сбор проб осуществляли следующим образом. Чашки Петри со средой сусл-агар располагали на всех трех уровнях микологического стенда (по 15 шт. на каждом уровне) и открывали чашки Петри на 20–30 мин в день. После недельной выдержки в термостате при температуре +28°C чашки Петри осматривали, появившиеся колонии пересевали в новые чашки Петри со свежей средой Чапека. Пересев производили в стерильном помещении с помощью лабораторной иглы. Чашки Петри с пересейными культурами снова помещали в термостат с температурой +28°C. После 10–12 сут выдержки культуры микроорганизмов достигали необходимых для определения размеров. Определенные культуры микроорганизмов пересевали в пробирки на косяки с агаризованным сусл-ом и помещали на хранение в холодильник. Данные по выделенной микрофлоре приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Список видов и родов микроорганизмов

	<p style="text-align: center;"><b>Микологическая площадка ИПТС, расположенная в тисосамшитовой роще</b></p> <p><i>Alternaria sp.</i>  <i>Aspergillus niger</i>  <i>Aspergillus flavus</i>  <i>Broomella acuta</i>  <i>Cladosporium sp.</i>  <i>Cochliobolus lunatus</i>  <i>Fusarium sp.</i>  <i>Mucor sp.</i>  <i>Mycelia sterilia</i>  <i>Penicillium albidum</i>  <i>Penicillium canescens</i>  <i>Penicillium jantinelum</i>  <i>Penicillium islandicum</i>  <i>Penicillium rugulosum</i>  <i>Penicillium solitum</i>  <i>Penicillium sp.</i>  <i>Penicillium tardum</i>  <i>Trichoderma sp.</i></p>
	<p style="text-align: center;"><b>ЗБС им. С.Н. Скадовского биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова</b></p> <p><i>Alternaria alternata</i>  <i>Beauveria bassiana</i>  <i>Botrytis cinerea</i>  <i>Chaetomium funicola</i>  <i>Cladosporium cladosporioides</i>  <i>Cladosporium delicatulum</i>  <i>Cladosporium macrocarpum</i>  <i>(Davidiella macrocarpa)</i>  <i>Epicoccum nigrum</i>  <i>Fusarium anthophilum</i>  <i>Penicillium chrysogenum</i>  <i>Phoma</i>  <i>Mycelia sterilia (hyaline)</i>  <i>Basidiomycetes sp.</i></p>

	<p align="center"><b>Ботанический сад биологического факультета МГУ им. Н.П. Огарева</b></p> <p><i>Aspergillus sp.</i>  <i>Chaetomium sp.</i>  <i>Paecilomyces sp.</i>  <i>Penicillium sp.1</i>  <i>Penicillium sp.2</i></p>
	<p align="center"><b>Тропическое отделение Новой оранжереи отдела тропических и субтропических растений ГБС РАН</b></p> <p><i>Alternaria alternata</i>  <i>Aspergillus fumigatus</i>  <i>Aspergillus ustus</i>  <i>Chaetomium globosum</i>  <i>Penicillium canescens</i>  <i>Penicillium janczewskii</i>  <i>(Penicillium nigricans)</i>  <i>Talaromyces rugulosus</i>  <i>(Penicillium tardum)</i>  <i>Trichoderma sp.</i>  <i>Absidia sp.</i>  <i>Mucor hiemalis</i></p>

### Метеорологические параметры

Оценку метеорологических показателей осуществляли посредством усреднения текущих наблюдений за температурой и относительной влажностью воздуха. Точность усреднения зависела от количества срочных замеров за определенный промежуток времени.

Специфические условия географо-геоморфологического расположения тисо-самшитовой рощи обуславливают формирование микроклимата (табл. 2), свойственного только для данной территории.

Значения температуры воздуха и влажности в климатической установке, расположенной в Тропическом отделении Новой оранжереи ГБС РАН, поддерживают в пределах эмпирически установленных норм, оптимальных для выращивания растений, произрастающих в регионах с влажным тропическим климатом, в искусственных условиях на широте г. Москвы (55°45'07" северной широты). Поддерживаемые температурно-влажностные условия способствуют поддержанию постоянного микроклимата влажного тропического леса в условиях более северных широт.

Таблица 2

**Метеорологические данные за период с 01.01.2012 г. по 31.08.2014 г.  
на микологической площадке ИПТС РАН**

Год	Месяц	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %		
		средняя	max	min	средняя	max	min
2012	1	2,8	12,5	-4,5	98	100	56
	2	1,9	12,0	-4,0	98	100	52
	3	3,0	19,0	-5,0	95	100	39
	4	12,6	28,0	1,0	89	100	26
	5	16,0	16,8	9,5	95	100	53
	6	20,6	29,5	12,5	93	100	60
	7	22,3	32,5	13,0	90	100	50
	8	21,6	31,0	13,5	95	100	62
	9	19,3	27,5	13,0	92	100	52
	10	14,1	20,0	9,0	99	100	87
	11	10,8	17,0	4,5	99	100	92
	12	6,0	17,5	-1,0	99	100	64
	Средняя за год		32,5	-4,5	–	100	26
2013	1	4,5	12,0	-3,5	99	100	62
	2	6,8	18,5	0,0	97	100	51
	3	7,9	24,0	-1,5	94	100	36
	4	12,1	31,0	4,0	90	100	29
	5	17,2	25,0	11,0	92	100	59
	6	19,1	27,5	12,0	95	100	67
	7	20,9	26,5	14,0	95	100	63
	8	20,5	32,1	13,5	94	100	61
	9	18,9	29,5	13,0	93	100	54
	10	13,1	22,5	9,0	98	100	83
	11	9,8	15,9	4,5	99	100	92
	12	5,0	12,5	-1,0	99	100	62
	Средняя за год		31,0	-3,5	–	100	29
2014	1	3,6	11,6	-5,6	96	100	58
	2	4,1	14,8	-3,1	90	100	54
	3	8,9	23,0	-1,0	89	100	36
	4	12,0	25,0	-0,5	89	100	37
	5	16,5	24,5	9,0	95	100	69
	6	19,0	25,5	13,0	94	100	59
	7	21,7	28,0	16,5	95	100	72
	8	23,0	30,5	17,0	91	100	65

В различных местах Тропического отделения Новой оранжереи, в том числе в непосредственной близости от микологического стенда, рядом с испытуемыми образцами, устанавливают термометры и гигрометры, с помощью которых в автоматическом режиме поддерживаются основные температурные и влажностные параметры:

– в период с 1 апреля по 30 сентября

температура днем . . . . . +22÷+25°C;  
 температура ночью . . . . . +20÷+22°C;  
 относительная влажность . . . . . 80÷90%;

– в период с 1 октября по 31 марта

температура днем . . . . .	+18÷+22°C;
температура ночью . . . . .	+16÷+18°C;
относительная влажность . . . . .	70÷80%.

Таким образом, в период с 1 апреля по 30 сентября 2014 года значения температуры и относительной влажности в Тропическом отделении Новой оранжереи оказались следующими:

температура днем . . . . .	+22÷+25°C (±3°C);
температура ночью . . . . .	+20÷+22°C (±3°C);
относительная влажность . . . . .	80÷90% (±5%).

Мониторинг погодных условий (табл. 3) на микологической площадке Звенигородской биологической станции (ЗБС) им. С.Н. Скадовского биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова за 2014 год соответствует климатическим нормам умеренно континентального климата.

Таблица 3

**Метеорологические данные за 2014 год на территории ЗБС им. С.Н. Скадовского биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Звенигород)**

Месяц	Температура, °С		Влажность, %
	дневная	ночная	
Январь	-8	-13	90
Февраль	-5	-10	90
Март	+5	-4	75
Апрель	+12	+3	51
Май	+19	+6	61
Июнь	+23	+11	43
Июль	+25	+13	49
Август	+24	+13	58
Сентябрь	+17	+7	65
Октябрь	+4	0	69
Ноябрь	0	-4	71
Декабрь	-6	-9	89

Мониторинг погодных условий (табл. 4) на микологической площадке ботанического сада МГУ им. Н.П. Огарева за 2014 год соответствует климатическим нормам умеренно континентального климата.

Таблица 4

**Метеорологические данные за 2014 год на территории ботанического сада МГУ им. Н.П. Огарева**

Месяц	Температура, °С		Влажность, %
	дневная	ночная	
Январь	-14	-17	94
Февраль	-9	-16	90
Март	+1	-7	86
Апрель	+9	-3	79
Май	+21	+9	45
Июнь	+22	+10	42
Июль	+27	+13	35
Август	+25	+15	49
Сентябрь	+17	+7	57
Октябрь	+5	-2	65
Ноябрь	-1	-5	70
Декабрь	-8	-10	90

Таким образом, созданные микологические площадки полностью соответствуют требованиям ГОСТ 9.053–75 по всем необходимым показателям: почвенно-растительному покрову, климатическим характеристикам, геоморфологическим условиям, численности и видовому составу микрофлоры. Выделенные штаммы микроорганизмов пополнили набор микроорганизмов, имеющихся в ВИАМ, и будут использоваться при проведении испытаний в лабораторных условиях [10].

## 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.
2. 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.
3. 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.
4. Ефимов В.А., Кириллов В.Н., Добрянская О.А., Николаев Е.В., Шведкова А.К. Методические вопросы проведения натуральных климатических испытаний полимерных композиционных материалов // *Авиационные материалы и технологии*. 2010. №4. С. 25–31.
5. Каблов Е.Н., Полякова А.В., Васильева А.А., Горяшник Ю.С., Кириллов В.Н. Микробиологические испытания авиационных материалов // *Авиационная промышленность*. 2011. №1. С. 35–40.
6. Полякова А.В., Васильева А.А., Линник М.А., Горяшник Ю.С. Микробиологические повреждения авиационных материалов / В сб. докладов VIII науч. конф. по гидроавиации «Гидроавиасалон–2010». Часть II. М.: ЦАГИ, 2010. С. 215–216.
7. Полякова А. В., Васильева А. А., Горяшник Ю. С., Линник М. А. Биозащита авиационных материалов // *Российский химический журнал*. 2010. Т. LIV. №1. С. 117–120.
8. Бочарова Б.В., Герасименко А.А., Коровина И.А. Биостойкость материалов. Стойкость к воздействию грибов. М.: Наука, 1986. 210 с.
9. Полякова А.В., Васильева А.А., Горяшник Ю.С., Кириллов В.Н. Испытания на микробиологическую стойкость в условиях теплого влажного климата / В сб. материалов конф. «Социально-экономическое и инновационное развитие Юга России». Сочи: РИО СНИЦ РАН. 2009. С. 172–176.
10. Полякова А.В., Кривушина А.А., Горяшник Ю.С., Яковенко Т.В. Испытания на микробиологическую стойкость в условиях теплого и влажного климата // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2013. №7. Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 20.07.2015).
11. Atlas R.M. Effects of Temperature and Crude Oil Composition on Petroleum Biodegradation // *Applied microbiology*. 1975. 30 (3). P. 396–403.
12. Копылов Г.А., Ковалев В.Д., Баландина Н.В. Биоповреждения в авиационной технике // *Ремонт, восстановление, модернизация*. 2010. №1. С. 42–47.
13. Каневская, И.Г. Биоповреждения промышленных материалов. М.: Наука, 1984. 268 с.
14. Кириллов В.Н., Вапиров Ю.М., Дрозд Е.А. Исследование атмосферной стойкости полимерных композиционных материалов в условиях атмосферы теплого влажного и умеренно теплого климата // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №4. С. 31–38.
15. Полякова А. В., Васильева А.А., Горяшник Ю.С., Гунина Т. В. Натурные и ускоренные испытания материалов и топлив на микробиологическую стойкость // *Все материалы*. Энциклопедический справочник. 2012. №3. С. 20–23.