

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>  
Russian journal of transport engineering

2019, №4, Том 6 / 2019, No 4, Vol 6 <https://t-s.today/issue-4-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/17SATS419.pdf>

DOI: 10.15862/17SATS419 (<http://dx.doi.org/10.15862/17SATS419>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Мышкин А.В. Полимерные композиционные материалы на полиэфиракрилатном связующем для транспортных сооружений // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №4, <https://t-s.today/PDF/17SATS419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/17SATS419

**For citation:**

Myshkin A.V. (2019). Polyester acrylate binders for transport vehicles. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/17SATS419.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/17SATS419

УДК 620.1:691.32

**Мышкин Антон Владимирович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»  
Москва, Россия  
Аспирант  
E-mail: a464aa@gmail.com

## **Полимерные композиционные материалы на полиэфиракрилатном связующем для транспортных сооружений**

**Аннотация.** Транспортные сооружения наряду с механическими нагрузками подвержены воздействию различных агрессивных сред, в том числе химических и биологических, а также климатических факторов. Материалы в процессе эксплуатации в воздушной среде на открытых площадках, а также в некоторых зданиях и сооружениях наряду с физическими и химическими воздействиями подвергаются микробиологическим воздействиям, главным образом микроскопическими грибами, которые могут использовать их отдельные компоненты в качестве источника питания. Одним из эффективных способов защиты и ремонта строительных конструкций от микробиологических повреждений является использование полимерных композиций в виде лакокрасочных, мастичных и иных составов. Важным является подбор устойчивых к биологическим повреждениям полимерных композиций, получаемых с применением различных рецептур отверждающей системы полимерного вяжущего и компонентов полимерминеральной смеси. Актуальным также является применение материалов с повышенной климатической стойкостью. В статье обоснована актуальность использования современных бетонов с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами на основе полимерных вяжущих для повышения климатической стойкости конструкций транспортных сооружений. Приведены результаты климатических испытаний полиэфиракрилатных композитов. Выявлены составы с наибольшей стойкостью к воздействию условий Черноморского побережья. Выявлена корреляция наиболее стойкого состава с наименьшим разнообразием видов микроорганизмов, заселяющих поверхность образцов после испытаний. Обработка и описание результатов позволила выявить составы полиэфиракрилатных композитов, которые можно рекомендовать к применению. Предложено использование полиэфиракрилатного связующего для изготовления композиционных материалов для ремонта и изготовления конструкций транспортных сооружений.

**Ключевые слова:** полимерные композиты; теплостойкость; упруго-пластические свойства; биостойкость; климатическая стойкость; оптимизация состава; защитные покрытия

## Введение

Для строительства транспортных сооружений могут быть использованы бетоны с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами на основе различных вяжущих веществ [1–9]. Перспективным представляется применение для реализации различных конструктивных решений полимерных композиционных материалов на основе полиэфиракрилатных смол [10–13]. Транспортные сооружения наряду с механическими нагрузками подвержены воздействию различных агрессивных сред, в том числе химических и биологических, а также климатических факторов [14–16].

## Состояние проблемы

Полимерные материалы в процессе эксплуатации в воздушной среде на открытых площадках, а также в некоторых зданиях и сооружениях наряду с физическими и химическими воздействиями подвергаются микробиологическим воздействиям, главным образом микроскопическими грибами, которые могут использовать их отдельные компоненты в качестве источника питания. Важным элементом в поиске причин возникновения деструкции является выявление устойчивости полимерных композиций, получаемых с применением различных составов отверждающей системы полимерного вяжущего и компонентов полимерминеральной смеси [17–21].

## Постановка задачи и методика исследования

Целью настоящей работы являлось изучение изменений прочности и деформативности полиэфиракрилатных материалов в зависимости от их состава и условий эксплуатации (влажный морской климат, морская вода, солнечная радиация), а также выделение видов микромицетов, заселяющихся на поверхности образцов при выдерживании в вышеуказанных условиях. Рассматривались композиции на основе полиэфиракрилатной смолы марки МГФ-9, отверждаемой инициатором твердения пероксидом циклогексанона ПЦОН-2 и ускорителем твердения октоатом кобальта ОК-1. Исследования проведены с помощью математических методов планирования эксперимента. Была использована матрица планирования по плану Коно [22].

Составы с различным содержанием отверждающей системы, определенные по матрице планирования, и их физико-механические свойства приведены в табл. 1

**Таблица 1**

**Матрица планирования и физико-механические свойства композитов**

№ состава	Матрица планирования		Рабочая матрица		Физико-механические свойства композитов, МПа		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	содержание ОК-1, мас. ч. на 100 мас. ч. смолы	содержание ПЦОН-2, мас. ч. на 100 мас. ч. смолы	прочность при сжатии	прочность при изгибе	модуль упругости
1	-1	-1	3,2	1,6	144,4	63,0	1352
2	0	-1	4,4	1,6	135,2	63,9	1305
3	+1	-1	5,6	1,6	139,2	59,9	1432
4	-1	0	3,2	2,8	173,4	100,4	1370
5	0	0	4,4	2,8	178,0	80,9	1498

№ состава	Матрица планирования		Рабочая матрица		Физико-механические свойства композитов, МПа		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	содержание ОК-1, мас. ч. на 100 мас. ч. смолы	содержание ПЦОН-2, мас. ч. на 100 мас. ч. смолы	прочность при сжатии	прочность при изгибе	модуль упругости
6	+1	0	5,6	2,8	163,6	88,7	1420
7	-1	+1	3,2	4	143,3	89,5	1377
8	0	+1	4,4	4	172,4	93,2	1324
9	+1	+1	5,6	4	173,0	99,2	1349

Для определения видового состава микроорганизмов на поверхности композитов образцы 5 кратной повторности выдерживали на Черноморском побережье Краснодарского края на открытой площадке, под навесом, а также в морской воде. По истечении 6 месяцев в лабораторных условиях проводилась идентификация до вида микромицетов, контаминирующих вышеуказанные образцы. Идентификация микромицетов проводилась на основании их морфолого-культуральных особенностей, используя определители: К.Б. Рейпер, С.А. Том (Raper, Thorn, 1949); К.Б. Рейпер, Д.И. Феннел (Raper, Fennell, 1965); Н.М. Пи-допличко (1971); М.А. Литвинов (1967); А.А. Милько (1974); Т.С. Кириленко (1977); К. Донш, В. Гаме (Donch, Gams, 1980); А.Ю. Лугаускас, А.Н. Микуль-скене, Д.Ю. Шляужене (1987); В.И. Билай, Э.З. Коваль (1988) [23].

Результаты исследований видового состава микромицетов, контаминирующих различные рецептуры полимерных композитов, находящихся длительное время в климатических условиях Черноморского побережья, представлены в табл. 4–6.

## Результаты

Таблица 2

### Результаты испытаний

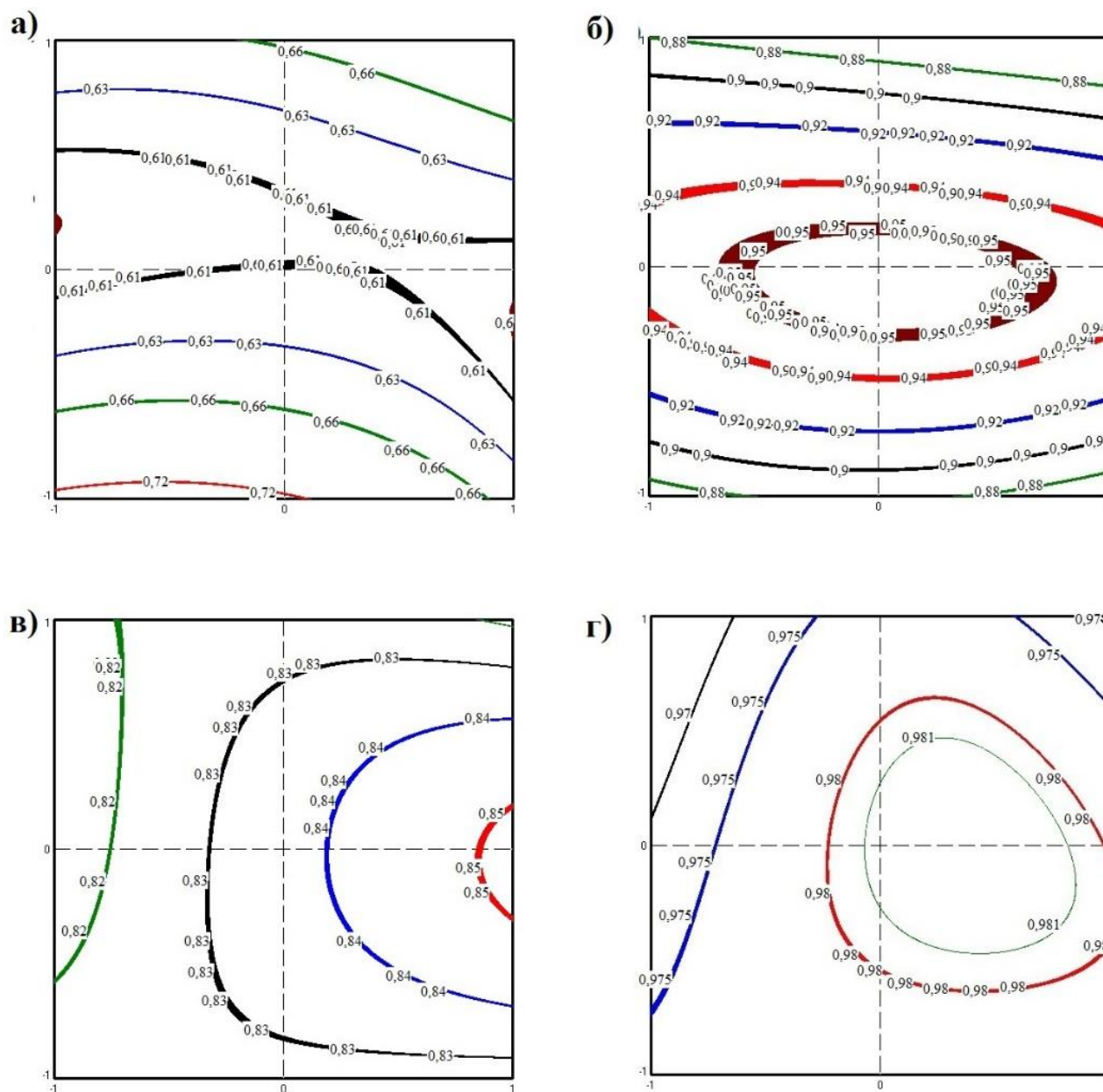
Относительные показатели образцов, выдержанных в морской воде	ΔG	0,719	0,653	0,717	0,609	0,564	0,587	0,633	0,645	0,701
	E	0,969	0,955	0,958	0,976	0,978	0,975	0,974	0,949	0,965
	R <sub>изг</sub>	0,852	0,866	0,860	0,870	0,907	0,912	0,865	0,863	0,871
	R <sub>сж</sub>	0,885	0,891	0,893	0,912	0,923	0,904	0,897	0,899	0,881
Относительные показатели образцов, выдержанных под навесом	ΔG	1,017	0,890	0,922	0,911	0,866	0,901	0,943	0,926	0,945
	E	0,957	0,958	0,974	0,950	0,969	0,980	0,971	0,964	0,966
	R <sub>изг</sub>	0,813	0,801	0,817	0,834	0,851	0,859	0,824	0,843	0,849
	R <sub>сж</sub>	0,821	0,819	0,854	0,875	0,874	0,89	0,881	0,864	0,856
Относительные показатели образцов, выдержанных на открытой площадке	ΔG	0,728	0,724	0,648	0,604	0,611	0,604	0,658	0,664	0,718
	E	0,977	0,985	0,984	0,976	0,980	0,965	0,963	0,975	0,981
	R <sub>изг</sub>	0,829	0,825	0,826	0,812	0,840	0,850	0,817	0,823	0,819
	R <sub>сж</sub>	0,871	0,882	0,864	0,942	0,954	0,943	0,881	0,861	0,844
№ состава		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Было исследовано изменение физико-механических свойств образцов, выдержанных в условиях Черноморского побережья Краснодарского края. Образцы 5 кратной повторности выдерживали на Черноморском побережье на открытой площадке, под навесом, а также в морской воде.

Полученные данные по изменению массосодержания, прочности при сжатии и изгибе, модуля упругости образцов, выдержанных в вышеуказанных условиях, приведены в табл. 2.

Статистическая обработка результатов эксперимента позволила получить уравнения регрессии изменения прочности при сжатии (Y<sub>1</sub>), при изгибе (Y<sub>2</sub>), модуля упругости (Y<sub>3</sub>), массосодержания (Y<sub>4</sub>) полиэфиракрилатных композитов, выдержанных в климатических условиях Черноморского побережья и морской воде, от количества компонентов

отверждающей системы ( $X_1$  и  $X_2$ ). Значения коэффициентов уравнений регрессии приведены в табл. 3.



**Рисунок 1.** Зависимости изменения массосодержания (а), коэффициентов стойкости: при сжатии (б), изгибе (в) и модуля упругости (г) полиэфиракрилатных композитов, выдержанных в условиях открытой площадки

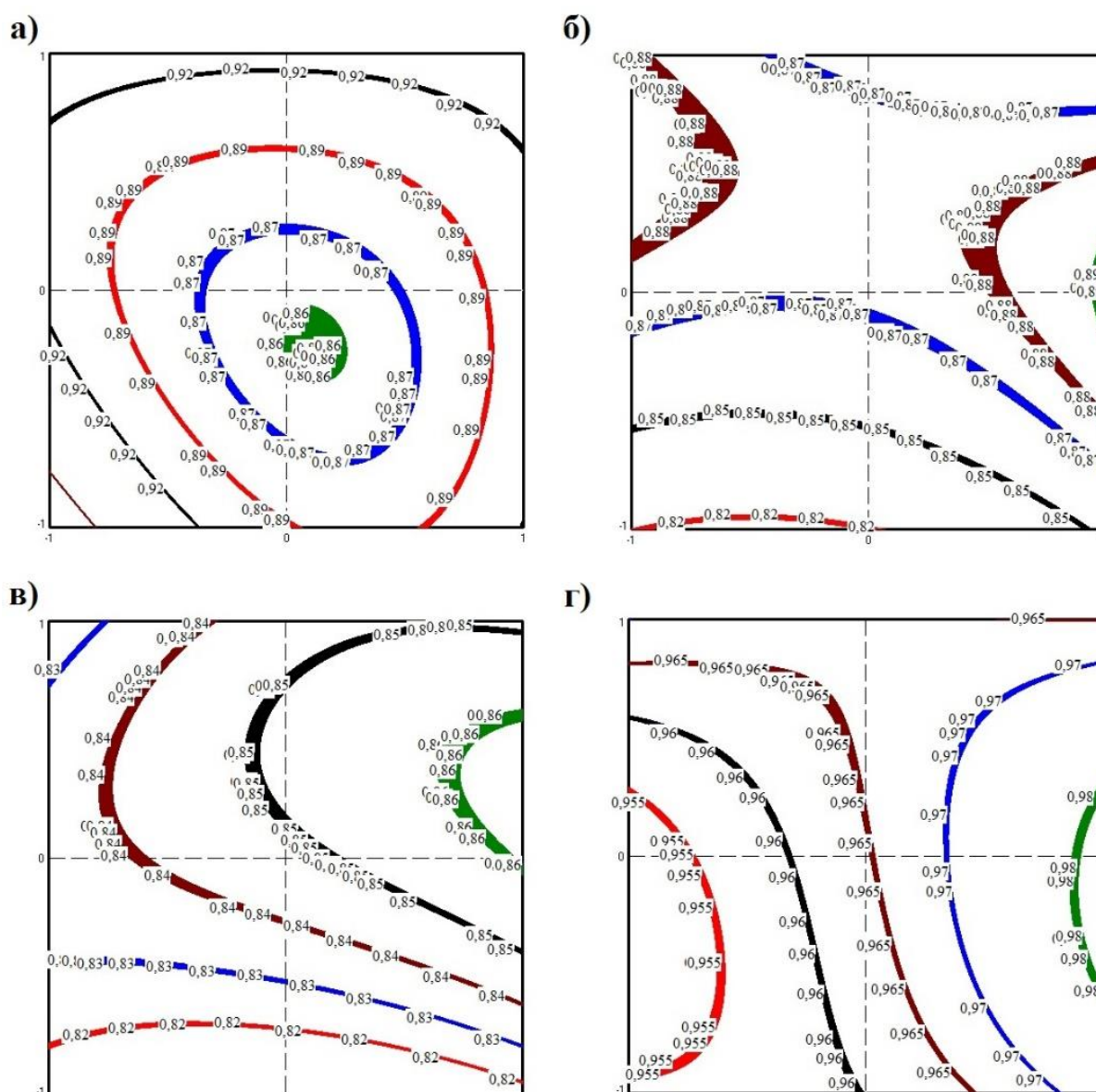
**Таблица 3**

**Значение коэффициентов уравнений регрессии**

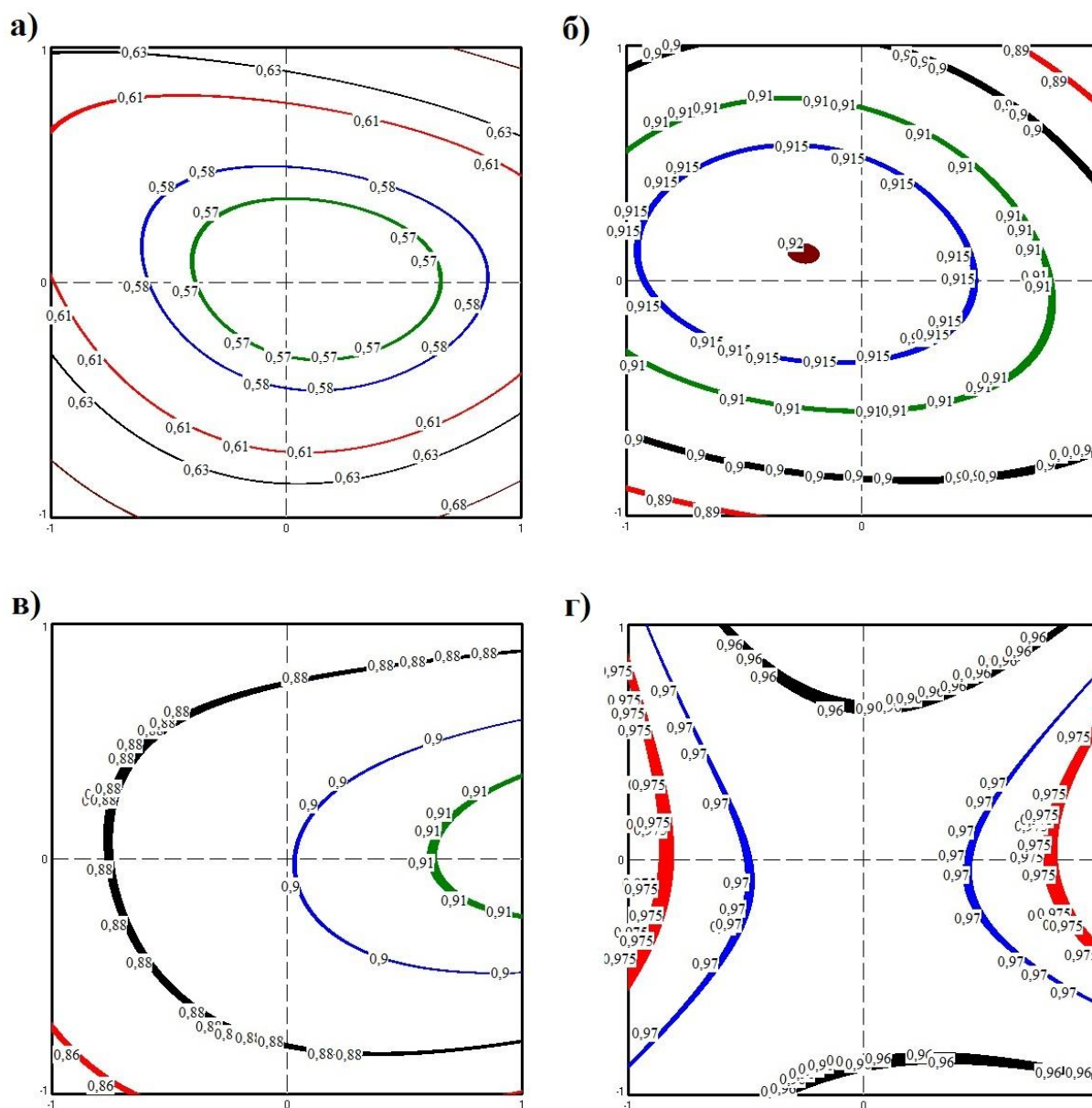
Условия испытаний	Относительные показатели стойкости композитов по матрице планирования	Значения коэффициентов							
		$b_0$	$B_1$	$B_2$	$B_{12}$	$B_{11}$	$B_{22}$	$B_{112}$	$B_{122}$
На открытой площадке	$R_{сж} Y_1$	0.611	0	-0.03	0.035	-0.006	0.084	0.03	-0.005
	$R_{изг} Y_2$	0.954	0	-0.0116	-0.008	-0.009	-0.08	0.008	-0.011
	$E Y_3$	0.84	0.019	-0.001	0.001	-0.004	-0.011	-0.004	-0.019
	Массосодержания $Y_4$	0.981	0.005	0	0.002	-0.006	-0.004	-0.005	-0.003

Условия испытаний	Относительные показатели стойкости композитов по матрице планирования	Значения коэффициентов							
		$b_0$	$B_1$	$B_2$	$B_{12}$	$B_{11}$	$B_{22}$	$B_{112}$	$B_{122}$
Под навесом	$R_{сж} Y_1$	0.954	0	-0.011	-0.008	0	-0.08	0.008	-0.011
	$R_{изг} Y_2$	0.84	0.019	-0.001	0.001	-0.004	-0.011	-0.004	-0.019
	$E Y_3$	0.847	0.013	0.021	0.005	0.001	-0.023	-0.01	-0.005
	Массо содержания $Y_4$	0.965	0.015	0.003	-0.006	0.003	-0.001	-0.002	-0.012
В морской воде	$R_{сж} Y_1$	0.56	-0.011	-0.004	0.017	0.04	0.091	-0.021	-0.027
	$R_{изг} Y_2$	0.919	-0.004	-0.004	-0.006	-0.009	-0.022	-0.004	0.002
	$E Y_3$	0.899	0.021	-0.002	-0.001	-0.006	-0.032	0.008	-0.018
	Массо содержания $Y_4$	0.969	0	-0.003	0.001	0.011	-0.013	0.003	-0.005

Проверка адекватности моделей с помощью общепринятой методики [9] по критерию Фишера с 95 % доверительной вероятностью показала соответствие опытных и расчетных данных. Результаты проверки адекватности позволяют считать приемлемыми виды моделей и приступить к графической интерпретации двухмерных сечений отклика.



**Рисунок 2.** Зависимости изменения массосодержания (а), коэффициентов стойкости: при сжатии (б), изгибе (в) и модуля упругости (г) полиэфиракрилатных композитов, выдержанных под навесом



**Рисунок 3.** Зависимости изменения массосодержания (а), коэффициентов стойкости: при сжатии (б), изгибе (в) и модуля упругости (г) полиэфиракрилатных композитов, выдержанных в морской воде

Результаты исследований видового состава микромицетов, контаминирующих различные рецептуры полимерных композитов, находящиеся длительное время в климатических условиях Черноморского побережья, представлены в табл. 2–4.

**Таблица 4**

**Результаты испытаний**

Номер состава композитов	Видовой состав микроорганизмов на образцах, выдержанных в течение 3-х месяцев на открытой площадке Черноморского побережья
1	<b>Aspergillus oryzae, Aspergillus candidus, Aspergillus niger, Aspergillus sydowi, Penicillium tardum, Cladosporium elatum, Cladosporium macrocarpum</b>
2	<b>Aspergillus ustus, Aspergillus oryzae, Aspergillus candidus, Aspergillus niger, Aspergillus sydowi, Aspergillus clavatus, Cladosporium elatum, Cladosporium macrocarpum, Gliocladium roseum, Gliocladium catenulatum</b>
3	<b>Aspergillus oryzae, Aspergillus candidus, Penicillium canescens, Gliocladium catenulatum</b>

Номер состава композитов	Видовой состав микроорганизмов на образцах, выдержанных в течение 3-х месяцев на открытой площадке Черноморского побережья
4	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <b>Penicillium canescens</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Gliocladium roseum</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>
5	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus terreus</i> , <b>Gliocladium roseum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>
6	<b>Aspergillus oryzae</b> , <b>Aspergillus candidus</b> , <b>Aspergillus niger</b> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Penicillium urticae</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Gliocladium roseum</i>
7	<b>Aspergillus candidus</b> , <b>Aspergillus niger</b> , <b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Penicillium tardum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <b>Gliocladium roseum</b>
8	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Penicillium urticae</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i>
9	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Penicillium urticae</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i>

Таблица 5

### Результаты испытаний

Номер состава композитов	Видовой состав микроорганизмов на образцах, выдержанных в течение 3 месяцев под навесом на Черноморском побережье
1	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Alternaria brassicae</i> , <b>Chaetomium dolichotrichum</b> , <i>Cladosporium elatum</i>
2	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Cladosporium elatum</i> , <b>Gliocladium roseum</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b>
3	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Botryosporium longibrachiatum</i>
4	<b>Aspergillus niger</b> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <b>Aspergillus ustus</b> , <i>Alternaria brassicae</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>
5	<b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>
6	<b>Aspergillus ustus</b> , <i>Aspergillus candidus</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Gliocladium roseum</i>
7	<i>Aspergillus sydowi</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <b>Fusarium sambucinum</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <b>Gliocladium roseum</b>
8	<b>Aspergillus niger</b> , <b>Fusarium sambucinum</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <b>Gliocladium roseum</b>
9	<b>Aspergillus niger</b> , <b>Fusarium sambucinum</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <b>Gliocladium roseum</b>

Таблица 6

### Результаты испытаний

Номер состава композитов	Видовой состав микроорганизмов на образцах, выдержанных 3 месяца в морской воде
1	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Alternaria brassicae</i> , <b>Chaetomium dolichotrichum</b> , <i>Cladosporium elatum</i>
2	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Cladosporium elatum</i> , <b>Gliocladium roseum</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b>
3	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Botryosporium longibrachiatum</i>
4	<b>Aspergillus niger</b> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <b>Aspergillus ustus</b> , <i>Alternaria brassicae</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>
5	<b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>
6	<b>Aspergillus ustus</b> , <i>Aspergillus candidus</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Gliocladium roseum</i>
7	<i>Aspergillus sydowi</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <b>Fusarium sambucinum</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <b>Gliocladium roseum</b>
8	<b>Aspergillus niger</b> , <b>Fusarium sambucinum</b> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <b>Gliocladium roseum</b>
9	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Penicillium urticae</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i>

### Анализ и обсуждение

Из графиков (рис. 1–3) следует, что в целом изменение прочности композитов является незначительным и не превысило 15 %, т. е. полиэфиракрилатные композиты достаточно хорошо сопротивляются воздействию влажной среды Черноморского побережья, солнечной радиации, вымыванию и выветриванию, а также воздействию микофлоры.

Графические зависимости позволяют выделить составы с наименьшим изменением физико-механических свойств после климатических испытаний. Это составы 5 и 6. В них одинаковое содержание отвердителя ПЦОН-2 – 2,8 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы.

В табл. 4 приведен состав микофлоры, выделенной с образцов, выдержанных на открытой площадке у Черного моря. В этом случае на полимерные образцы разрушающее воздействие оказывает солнечная радиация, солевой туман и повышенная влажность. В результате испытаний с образцов полимерных композитов было выделено 17 видов микромицетов, относящихся к классу гифомицетов, сем. Moniliaceae (р.р. *Aspergillus* – 7; *Penicillium* – 3, *Gliocladium* – 2); Dematiaceae (р.р. *Cladosporium* – 2 вида) и 1 вида к классу аскомицеты (р. *Chaetomium*). Результаты исследований показали преобладание среди контаминантов данной композиции грибов р. *Aspergillus*, р. *Penicillium* и р. *Gliocladium*.

В табл. 5 и 6 приведен состав микофлоры, выделенной с образцов, находящихся под навесом на побережье и после старения в морской воде соответственно. Видно, что состав микофлоры, выделенной с образцов, подвергающимся данным климатическим воздействиям, полностью совпадает. Это можно объяснить схожестью условий высокой влажности. Грибы сохраняют жизнедеятельность как при отсутствии воздуха, так и в воздушной среде, в обоих случаях почти отсутствует воздействие солнечной радиации. С образцов полимерных композитов был выделен 21 вид гифомицетов, относящихся к сем. Moniliaceae (р.р. *Aspergillus* – 7; *Penicillium* – 1, *Gliocladium* – 2), Dematiaceae (р.р. *Cladosporium* – 2 вида; *Alternaria* – 1), Tuberculariaceae (р. *Fusarium* – 1 вид) и 1 вида аскомицетов (р. *Chaetomium*). Результаты исследований показали преобладание среди контаминантов данной композиции грибов р. *Aspergillus* и р. *Gliocladium*. Это, по-видимому, связано с тем, что микромицеты р. *Aspergillus*, имея мощный метаболический аппарат, могут активно разрушать широкий круг полимерных материалов различного химического состава, в т. ч. и углеводороды.

На поверхности образцов исчезли такие виды грибов как *Penicilum tardum* и *Penicilum canescens*. По сравнению с образцами, выдержанными на открытой площадке, появились новые виды *Alternaria brassicae*, *Chaetomium dolichotrichum*, *Botryosporium longibranchiatum*, *Fusarium sambucinum*. Сохранилась тенденция к меньшему количеству видов микроорганизмов на составе №5.

Анализируя распределение видового состава микофлоры по составам полиэфиракрилатных композитов, отметим, что наименьшее разнообразие микофлоры выделено с образцов состава №5. При этом на нем полностью отсутствует распространенный р. *Aspergillus*. Это можно объяснить тем, что при данном соотношении компонентов происходит полная реакция и не остается компонентов первоначальной отверждающей системы в чистом виде, компонентами которых питается р. *Aspergillus*. Это подтверждается исследованиями прочностных показателей данных составов [22]. Состав №5 показал максимальную прочность на сжатие. Таким образом, перемещение образцов полиэфиракрилатных композиций из морской воды под навес не оказывает влияния на видовое богатство микофлоры, выделенной с образцов с различным содержанием отверждающей системы.

Иная картина видового состава микромицетов наблюдается на вышеуказанных композитах, помещенных на открытую площадку (табл. 2). Отмечено появление р.р. *Penicilium tardum* и *Penicilium canescens*.

В целом можно выделить состав с наименьшим заселением микофлорой после климатических испытаний. Это состав №5.

Ненаполненные составы полимерных материалов используются в качестве основы для создания лакокрасочных материалов, а наполненные – при получении антикоррозионных



утолщенных покрытий. Последние изготавливаются с применением различных наполнителей, что снижает расход полимерного связующего и повышает износостойкость композиционного материала.

Результаты испытаний наполненных кварцевым порошком образцов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты испытаний

№ состава	Условия испытаний	Видовой состав микрофлоры
Наполненные песком фракции 0,16–0,315	На открытой площадке	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Penicillium urticae</i> , <b>Gliocladium roseum</b> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>
	Под навесом	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Penicillium urticae</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Fusarium solani</i>
	В морской воде	<b>Aspergillus oryzae</b> , <i>Penicillium urticae</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Fusarium solani</i>
Наполненные песком фракции 0,316–0,63	На открытой площадке	<b>Aspergillus oryzae</b> , <b>Aspergillus candidus</b> , <i>Aspergillus sydowi</i> , <b>Aspergillus niger</b> , <i>Penicillium canescens</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b>
	Под навесом	<b>Aspergillus ustus</b> , <b>Chaetomium dolichotrichum</b> , <i>Penicillium canescens</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b>
	В морской воде	<b>Aspergillus ustus</b> , <b>Chaetomium dolichotrichum</b> , <i>Penicillium canescens</i> , <b>Gliocladium catenulatum</b>

По результатам испытаний композитов, наполненных кварцевым порошком, можно сделать вывод о том, что в наполненных композитах количество видов микроорганизмов, выделенных с поверхности испытуемых образцов, при увеличении крупности наполнителя увеличивается (замене песка фракции 0,16–0,315 мм. на фракцию 0,315–0,63 мм). Эта закономерность наблюдается как при испытаниях в морской воде, так и под открытым небом, и под навесом вблизи Черного моря.

Заключение и выводы

1. Показано изменение долговечности полиэфиракрилатных композитов при изменении рецептуры отверждающей системы.
2. Выявлены составы полиэфиракрилатных композитов с наибольшей стойкостью к воздействию климатических факторов Черноморского побережья.
3. Выявлена достаточно высокая стойкость полиэфиракрилатных композитов к воздействию солнечной радиации, вымыванию, выветриванию.
4. Показано, что воздействие микрофлоры не приводит к значительному снижению прочностных свойств полиэфиракрилатных композитов с оптимальным составом отверждающей системы.
5. Установлен видовой состав микроорганизмов, заселяющихся на полиэфиракрилатных композитах при выдерживании образцов во влажных условиях Черноморского побережья под открытым небом, под навесом, а также после старения в морской воде.
6. Выявлено, что образцы, выдержанные на побережье под навесом, имеют на поверхности то же видовое разнообразие грибов, что и у образцов, выдержанных в морской воде.

7. Установлено, что поверхность образцов, которые при выдерживании под открытым небом испытывают воздействие солнечной радиации, заселена большим количеством видов микофлоры, чем образцы, выдержанные под навесом и в морской воде.
8. Выявлено изменение видового состава микроорганизмов в полиэфиракрилатных композитах при изменении количественного содержания отверждающей системы и количественного содержания наполнителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Erofeev V.T. Frame composites based on soluble glass / Erofeev V.T., Zavalishin E.V., Rimshin V.I., Kurbatov V.L., Stepanovich M.B. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Т. 7. № 3. – С. 2506–2517.
2. Соломатов В.И. Строительные биотехнологии и биокompозиты / Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Ерофеев В.Т. – Москва, 1998.
3. Ерофеев В.Т. Биоцидные цементные композиты с добавками, содержащими гуанидин / Ерофеев В.Т., Казначеев С.В., Богатов А.Д., Спиринов В.А., Светлов Д.А. // Приволжский научный журнал. – 2010. – № 4 (16). – С. 87–94.
4. Ерофеев В.Т. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / Ерофеев В.Т., Комохов П.Г., Смирнов В.Ф., Светлов Д.А., Казначеев С.В., Богатов А.Д., Морозов Е.А., Васильев О.Д., Макаревич Ю.М., Спиринов В.А., Пацюк Н.А. // Санкт-Петербург, 2010. (2-е издание, исправленное).
5. Светлов Д.А. Физико-технические свойства цементных композитов с биоцидной добавкой / Светлов Д.А., Спиринов В.А., Казначеев С.В., Богатов А.Д., Борискин А.С., Ерофеев В.Т. // Транспортное строительство. – 2008. – № 2. – С. 21–23.
6. Касимкина М.М. Эпоксидные лакокрасочные материалы с биоцидной добавкой "Тефлекс" / Касимкина М.М., Светлов Д.А., Казначеев С.В., Богатов А.Д., Ерофеев В.Т. // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2008. – № 1–2. – С. 77–79.
7. Ерофеев В.Т. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования / Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–4. – С. 708–716.
8. Lesovik R.V. Fine-grain concrete reinforced by polypropylene fiber / Lesovik R.V., Klyuyev S.V., Klyuyev A.V., Netrobenko A.V., Yerofeyev V.T., Durachenko A.V. // Research Journal of Applied Sciences. – 2015. Т. 10. № 10. – С. 624–628.
9. Ehrenstein, G.W. Resistance and stability of polymers / G.W. Ehrenstein, S. Pongratz. – Munich: Hanser Publication, 2013. – 1459 p.
10. Бобрышев А.Н. Полимерные композиционные материалы / Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Коломазов В.Н. – Саранск, 2013.
11. Ageeva M.S. The efficient composite building materials of the iron and steel industry / Ageeva M.S., Lesovik R.V., Erofeev V.T., Sopin D.M., Lesovik G.A. // 19-te Internationale baustofftagung ibausil – 2015. 2015. С. 1433–1435.

12. Ерофеев В.Т. Каркасные строительные композиты / Ерофеев В.Т., Мищенко Н.И., Селяев В.П., Соломатов В.И. В 2-х частях – Саранск, 1995. Том 2.
13. Erofeev V.T. Biological resistance of cement composites filled with dolomite powders / Erofeev V.T., Emelyanov D., Tretiakov I., Kalashnikov V., Balathanova E., Erofeeva I., Smirnov V., Matvievsky A. // Materials Science Forum. – 2016. – Т871. – p. 33–39.
14. Zagorodnjuk L.H. Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer / Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Yerofeyev V.T. // International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. Т. 8. № 3. – С. 15146–15155.
15. Соломатов В.И. Биологическое сопротивление полимерных композитов / Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Селяев В.П., Фельдман М.С., Шаров В.Г. // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1993. № 10. С. 44–49.
16. Ерофеев В.Т. Исследование свойств бетона железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых в прибрежной зоне черноморского побережья / Ерофеев В.Т., Ельчищева Т.Ф., Родин А.И., Смирнов И.В., Меркулов Д.А., Федорцов В.А., Чуваткин А.А. // Транспортные сооружения. – 2018. Т. 5. – № 2. – С. 5.
17. Карпенко Н.И. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций / Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – №1. – С. 93–102.
18. Соломатов В.И. Биологическое сопротивление материалов / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та – 2001. – 196 с.
19. Ерофеев В.Т. Микробиологическое разрушение материалов: учеб. пособие / В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов, Е.А. Морозов [и др.]. – М.: АСВ, 2008. – 128 с.
20. Travush V.I. Development of biocidal cements for buildings and structures with biologically active environments / Travush V.I., Karpenko N.I., Erofeev V.T., Rodin A.I., Rodina N.G., Smirnov V.F. // Power Technology and engineering. – 2017. Т.51. – №4. – С. 377–384.
21. Ерофеев, В.Т. Видовой состав микрофлоры, выделенной с полимерных композитов на основе эпоксидных смол в условиях влажного морского климата / Ерофеев В.Т., Лазарев А.В., Богатов А.Д., Смирнов В.Ф., Смирнова О.Н., Захарова Е.А. // Известия Казанского ГАСУ. – 2013. – № 2 (24). – С. 233–237.
22. Мышкин А.В. Оптимизация составов полиэфиракрилатных композитов / А.В. Мышкин, В.Т. Ерофеев // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №3. – С. 56–61.
23. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Богатов А.Д. и др. Бицидный портландцемент с улучшенными физико-механическими свойствами // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 81–92.

**Myshkin Anton Vladimirovich**

National research Mordovian state university N.P. Ogareva, Moscow, Russia  
E-mail: a464aa@gmail.com

## Polyester acrylate binders for transport vehicles

**Abstract.** Transport facilities along with mechanical loads are exposed to various aggressive environments, including chemical and biological, as well as climatic factors. Materials in the process of operation in the air in open areas, as well as in some buildings and structures, along with physical and chemical influences are exposed to microbiological influences, mainly microscopic fungi, which can use their individual components as a source nutrition. One of the effective ways to protect and repair building structures from microbiological damage is the use of polymer compositions in the form of paints, mastics and other compositions. It is important to select biological compositions that are resistant to biological damage and are obtained using various formulations of the curing system of the polymer binder and the components of the polymer-mineral mixture. Also relevant is the use of materials with high climatic resistance. The article substantiates the relevance of using modern concrete with improved physicomaterial and operational properties based on polymer binders to increase the climatic resistance of the structures of transport structures. The results of climatic tests of polyester acrylate composites are presented. The compositions with the highest resistance to the effects of the conditions of the Black Sea coast have been identified. A correlation was found between the most stable composition and the smallest variety of microorganisms that populate the surface of the samples after testing. Processing and description of the results made it possible to identify the compositions of polyester acrylate composites that can be recommended for use. The use of polyester acrylate binder for the manufacture of composite materials for the repair and manufacture of structures of transport structures is proposed.

**Keywords:** polymer composites; heat resistance; elastic-plastic properties; biostability; climate resistance; composition optimization; protective coatings

## REFERENCES

1. Erofeev V.T., Zavalishin E.V., Rimshin V.I., Kurbatov V.L., Stepanovich M.B. (2016). frame composites based on soluble glass. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 3(7), pp. 2506–2517.
2. Solomatov V.I., Cherkasov V.D., Erofeev V.T. (1998). Cтроительные биотехнологии и биоконструкции. [*Building Biotechnologies and Biocomposites.*] Moscow.
3. Erofeev V.T., Kaznacheev S.V., Bogatov A.D., Spirin V.A., Svetlov D.A. (2010). Biocidal cement composites with additives containing guanidine. *Volga Scientific Journal*, 4(16), pp. 87–94 (in Russian).
4. Erofeev V.T., Komokhov P.G., Smirnov V.F., Svetlov D.A., Kaznacheev S.V., Bogatov A.D., Morozov E.A., Vasil'ev O.D., Makarevich Yu.M., Spirin V.A., Patsyuk N.A. (2010). Zashchita zdaniy i sooruzheniy ot biopovrezhdeniy biotsidnymi preparatami na osnove guanidina. [*Protection of buildings and structures from biodeterioration with guanidine-based biocidal preparations.*] Saint Petersburg.
5. Svetlov D.A., Spirin V.A., Kaznacheev S.V., Bogatov A.D., Boriskin A.S., Erofeev V.T. (2008). Physicotechnical properties of cement composites with biocidal additive. *Transport construction*, 2, pp. 21–23 (in Russian).
6. Kasimkina M.M., Svetlov D.A., Kaznacheev S.V., Bogatov A.D., Erofeev V.T. (2008). Epoxy paints and varnishes with biocidal additive "Teflex". *Paints and varnishes and their application*, 1–2, pp. 77–79 (in Russian).

7. Erofeev V.T., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. (2014). Biocorrosion of cement concrete, features of its development, assessment and forecasting. *Basic research*, 12–4, pp. 708–716 (in Russian).
8. Lesovik R.V., Klyuyev S.V., Klyuyev A.V., Netrobenko A.V., Yerofeyev V.T., Durachenko A.V. (2015). Fine-grain concrete reinforced by polypropylene fiber. *Research Journal of Applied Sciences*, 10(10), pp. 624–628.
9. Ehrenstein G.W., Pongratz S. (2013). *Resistance and stability of polymers*. Munich: Hanser Publication, p. 1459.
10. Bobryshev A.N., Erofeev V.T., Kolomazov V.N. (2013). Polimernye kompozitsionnye materialy. [*Polymer Composite Materials*.] Saransk.
11. Ageeva M.S., Lesovik R.V., Erofeev V.T., Sopin D.M., Lesovik G.A. (2015). *The efficient composite building materials of the iron and steel industry*. pp. 1433–1435.
12. Erofeev V.T., Mishchenko N.I., Selyaev V.P., Solomatov V.I. (1995). Karkasnye stroitel'nye kompozity. [*Frame construction composites*.] Saransk.
13. Erofeev V.T., Emelyanov D., Tretiakov I., Kalashnikov V., Balathanova E., Erofeeva I., Smirnov V., Matvievsky A. (2016). Biological resistance of cement composites filled with dolomite powders. *Materials Science Forum*, (871), pp. 33–39.
14. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Yerofeyev V.T. (2016). Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 3(8), pp. 15146–15155.
15. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Selyaev V.P., Fel'dman M.S., Sharov V.G. (1993). Biological resistance of polymer composites. *News of higher educational institutions. Construction*, 10, pp. 44–49 (in Russian).
16. Erofeev V.T., El'chishcheva T.F., Rodin A.I., Smirnov I.V., Merkulov D.A., Fedortsov V.A., Chuvatkin A.A. (2018). Investigation of concrete properties of reinforced concrete structures of structures operated in the coastal zone of the Black Sea coast. *Transport facilities*, 2(5), p. 5. (in Russian).
17. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Erofeev V.T. (2015). About modern methods of ensuring the durability of reinforced concrete structures. *Academia. Architecture and construction*, 1, pp. 93–102 (in Russian).
18. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F. and etc. (2001). Biologicheskoe soprotivlenie materialov. [*Biological resistance of materials*.] Saransk: Mordovian University Press, p. 196.
19. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Morozov E.A. and etc. (2008). Mikrobiologicheskoe razrushenie materialov. [*Microbiological destruction of materials*.] Moscow: DIA, p. 128.
20. Travush V.I., Karpenko N.I., Erofeev V.T., Rodin A.I., Rodina N.G., Smirnov V.F. (2017). Development of biocidal cements for buildings and structures with biologically active environments. *Power Technology and engineering*, 4(51), pp. 377–384.
21. Erofeev V.T., Lazarev A.V., Bogatov A.D., Smirnov V.F., Smirnova O.N., Zakharova E.A. (2013). The species composition of microflora isolated from polymer composites based on epoxy resins in a humid marine climate. *Bulletin of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering*, 2(24), pp. 233–237 (in Russian).
22. Myshkin A.V., Erofeev V.T. (2013). Optimization of the compositions of polyester acrylate composites. *Regional Architecture and Construction*, 3, pp. 56–61. (in Russian).
23. Erofeev V.T., Rodin A.I., Bogatov A.D. and etc. (2012). Biocidal Portland cement with improved physical and mechanical properties. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 3(8), pp. 81–92. (in Russian).