

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

2018, №2, Том 5 / 2018, No 2, Vol 5 <https://t-s.today/issue-2-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/05SATS218.pdf>

DOI: 10.15862/05SATS218 (<http://dx.doi.org/10.15862/05SATS218>)

Статья поступила в редакцию 13.0.2018; опубликована 07.06.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Ерофеев В.Т., Ельчищева Т.Ф., Родин А.И., Смирнов И.В., Меркулов Д.А., Федорцов В.А., Чуваткин А.А.
Исследование свойств бетона железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых в прибрежной зоне
Черноморского побережья // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №2,
<https://t-s.today/PDF/05SATS218.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
DOI: 10.15862/05SATS218

For citation:

Erofeev V.T., Elchishcheva T.F., Rodin A.I., Smirnov I.V., Merkulov D.A., Fedorcov V.A., Chuvatkin A.A. (2018).
Investigation of concrete properties of reinforced concrete constructions of structures operated in the coastal zone of
the Black Sea coast. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(5). Available at:
<https://t-s.today/PDF/05SATS218.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/05SATS218

УДК 691:692

ГРНТИ 67.09.33, 67.11.31; 67.01.97; 31.19.15, 34.27.39

Ерофеев Владимир Трофимович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
Саранск, Россия

Декан архитектурно-строительного факультета
ЗАО «НИИ Материаловедение», Москва, Россия

Директор

Заведующий кафедрой «Строительных материалов и технологий»

Доктор технических наук, профессор, академик РААСН

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=161483

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/A-7827-2017>

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56662851300>

Ельчищева Татьяна Федоровна¹

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: elschevat@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=318240

Родин Александр Иванович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
Саранск, Россия

Доцент кафедры «Строительных материалов и технологий»

ЗАО «НИИ Материаловедение», Москва, Россия

Руководитель сектора «Строительное материаловедение»

Кандидат технических наук

E-mail: 68a1_rodin@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=653174

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191249816>

¹ Социальные сети: <https://vk.com/elschevat>

Смирнов Игорь Витальевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
Саранск, Россия
Инженер кафедры «Строительных материалов и технологий»
Кандидат технических наук
E-mail: smirnovigor26@yandex.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=870488

Меркулов Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
Саранск, Россия
Инженер кафедры «Строительных материалов и технологий»
Кандидат технических наук
E-mail: dimamerkulov38@gmail.com
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=761849

Федорцов Владислав Анатольевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
Саранск, Россия
Аспирант кафедры «Строительных материалов и технологий»
E-mail: fedorcovap@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=818486

Чуваткин Алексей Александрович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
Саранск, Россия
Аспирант кафедры «Строительных материалов и технологий»
E-mail: alexej920408@gmail.com
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=817975

Исследование свойств бетона железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых в прибрежной зоне Черноморского побережья

Аннотация. Бетон и железобетон применяются для возведения зданий и сооружений с длительными сроками эксплуатации. Применение конструкций из этих строительных материалов носит массовый характер, для обеспечения потребности строительства в мире производится более 4,5 млрд м³ в год бетона и железобетона. В процессе эксплуатации конструкции часто подвергаются неблагоприятному воздействию окружающей среды (агрессивные химические вещества в виде газов, растворов солей и их аэрозолей, микроорганизмы) и оказываются в сложных условиях работы. Указанные воздействия способствуют разрушению материалов и снижению долговечности конструкций, которые в ряде случаев могут выйти из строя через год или даже месяцы после начала эксплуатации. При расположении объектов строительства вблизи промышленных предприятий и на морском побережье воздействие неблагоприятных факторов может усиливаться. В статье приведены результаты исследования содержания неорганических солей и видового состава микроорганизмов в поверхностном слое бетона железобетонных сооружений, эксплуатируемых на побережье Черного моря. Авторами представлены результаты исследования проб бетона, отобранных из конструкций пирса, непосредственно контактирующего с морской водой, в зависимости от высотных отметок относительно уровня моря и ориентации по сторонам света. Также получены результаты исследования проб, отобранных из конструкций забора, расположенного на расстоянии около 50 м от береговой кромки, в зависимости от ориентации забора по сторонам света и его параллельного или

перпендикулярного положения относительно линии берега. Обнаружена корреляция между уровнями солесодержания и видами микроорганизмов, населяющих поверхностный слой бетона прибрежных конструкций. Установлено, что в условиях влияния морского климата происходит одновременное воздействие на строительные конструкции высокой температуры воздуха, солнечной радиации, ветра, биологической среды, влаги и примесей гигроскопических морских солей в воздухе. Интенсивность воздействия негативных факторов зависит от высотных отметок расположения конструкций относительно уровня глади воды и их ориентации относительно берега и по сторонам света.

Ключевые слова: агрессивное воздействие среды; аэрозоли солей; бетон и железобетон; биоповреждение; деструкция бетона; конструкции и сооружения; коррозия; микроорганизмы; солесодержание

Введение

Бетон и железобетон являются одними из основных видов строительных материалов, которые массово применяются для возведения зданий и сооружений с запланированными длительными сроками службы – до 100 и более лет. Для обеспечения потребности строительства в настоящее время в мире производится более 4,5 млрд м³ в год бетона и железобетона. Вследствие сложных условий работы в ряде случаев конструкции из этих материалов могут оказаться недолговечными и выйти из строя через год или месяцы эксплуатации.

На долговечность бетона оказывают влияние вещества, добавляемые в материал при его производстве, а также окружающая среда с примесями агрессивных компонентов.

Например, неоднозначное воздействие на бетонные и железобетонные конструкции оказывают химические добавки, вводимые в строительный материал для улучшения технологических свойств бетонной смеси. В работе [1] отмечается, что «для большинства групп добавок вообще и конкретных типов добавок, в частности, характерны побочные эффекты. Они могут быть не менее сильны и не менее значимы, чем основной эффект, могут быть как положительными, так и отрицательными». В основном негативный эффект применения добавок выявляется при их передозировке [2], тогда возможно появление высолов, возникновение коррозии и мокрых пятен на поверхности конструкций, растрескивание арматуры и т. д.

По исследованиям ряда авторов [3, 4, 5] установлено, что до 75 % бетонных и железобетонных строительных конструкций подвергаются разрушающему воздействию окружающей среды с постоянно ухудшающимися показателями.

Скорость и масштаб повреждения таких конструкций связаны с коррозией, вызванной агрессивным влиянием внешней среды, что «способно с течением времени ослаблять прочность бетона, снижая тем самым безопасность и долговечность зданий и сооружений» [6]. Установлено, что чем менее учтено агрессивное воздействие среды в расчетах конструкций при проектировании, тем более выраженной становится коррозия при эксплуатации зданий и сооружений [7] на протяжении всего жизненного цикла.

Коррозионные повреждения железобетонных конструкций обусловлены воздействием окружающей воздушной среды, грунтовых вод с присутствующими в них агрессивными веществами [8]. Также к факторам внешней среды, отрицательно влияющим на первоначальные свойства бетона, относятся: действие повышенных и пониженных температур, ультрафиолетовое облучение, температурный режим, вызывающий попеременное замораживание и оттаивание строительных материалов. Такие воздействия являются

характерными для условий эксплуатации конструкций зданий и сооружений, расположенных на побережьях морей. К указанным неблагоприятным воздействиям добавляется действие на конструкции морской воды и солевого тумана – хлоридсодержащей среды [9, 10, 11, 12] в виде аэрозоля гигроскопических солей.

Наряду с неорганическими веществами на коррозионные повреждения бетона оказывают влияние микроорганизмы. По данным ряда исследователей «более 40 % общего объема биоразрушений связано с деятельностью микроорганизмов – бактерий и грибов» [13, 14, 15]. Процессы биоповреждения железобетонных конструкций в теплых и влажных климатических условиях района строительства усиливаются [16], что вызывается наличием факторов, «стимулирующих размножение: высокая влажность, сравнительно высокие температуры, различного рода загрязнения, а также разность потенциалов и сдвиг pH среды» [17]. При этом происходит развитие, размножение и смена видов бактерий, что обусловлено изменением свойств среды во времени [18]. Биоповреждения являются характерными также для полимерных композиционных материалов, в частности, полимербетонов [16, 19, 20, 21].

Постановка задачи и методы исследования

В работе была поставлена задача – установить видовой состав микроорганизмов и содержание неорганических солей в поверхностном слое бетона конструкций, эксплуатируемых на побережье Черного моря.

Видовой состав микроорганизмов устанавливался в ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск по стандартной методике в соответствии с идентификацией микромицетов на основе их морфолого-культуральных особенностей с применением определителей: К.Б. Рейпер, С.А. Том (*Raper, Nhom*, 1949); К.Б. Рейпер, Д.И. Феннел (*Raper, Fennell*, 1965); Н.М. Пидопличко (1971); М.А. Литвинов (1967); А.А. Милько (1974); Т.С. Кириленко (1977); К. Донш, В. Гамс (*Donch, Gams*, 1980); А.Ю. Лугаускас, А.Н. Микульскене, Д.Ю. Шляужене (1987); В.И. Билай, Э.З. Коваль (1988) [16].

Химический анализ проб материала на количественное содержание неорганических солей производился по стандартным методикам, принятым в аналитической химии, в аналитической лаборатории ПАО «Пигмент», г. Тамбов. Определение хлоридов производилось универсальным иономером ЭВ-74, а сульфатов – фотоэлектрическим фотометром КФК-3-«ЗОМЗ».

Результаты исследования

Установлено, что срок эксплуатации железобетонного пирса составляет более 65 лет, на протяжении этого периода элементы его конструкции не ремонтировались. Отбор проб производился на двух характерных вертикальных участках пирса, ориентированных по сторонам света, соответственно, на восток и на запад (рис. 1). Одна высотная отметка для отбора проб материала назначалась на уровне ниже 1 м от уровня гладкой поверхности воды, другая – на уровне поверхности воды; третья – на высоте 2 м над уровнем поверхности воды.



Рисунок 1. Место отбора проб (выделено авторами красным цветом) железобетонных конструкций пирса на карте (источник карты: <https://www.google.com/maps/place/Пирс,+Тонкий+мыс/@44.566547,38.031781,401m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0xf77320a2414010f6!8m2!3d44.5673041!4d38.033116?hl=ru>)

Первый этап исследования заключался в определении величины солесодержания и наличия микроорганизмов в поверхностном слое бетона железобетонного пирса и сравнении полученных значений для разных высотных отметок точек отбора проб.

Источником наличия солей в поверхностном слое бетона пирсов, как сооружений, непосредственно контактирующих с морем, является морская вода и солевой туман. Известно, что содержание солей в морской воде в среднем составляет 3,5 % (масс.), из них наибольшую часть составляют хлориды, натрий и сульфаты: Cl – 55 %, Na – 30,6 %, SO₄ – 7,7 %. Остальные вещества – это магний, кальций и калий: Mg – 3,7 %, Ca – 1,2 %, K – 1,1 %². Поэтому в пробах бетона определялось наличие солей, представленных наиболее массово – хлоридов и сульфатов [22].

Данные по микробиологическому и химическому анализу проб поверхностного слоя бетона берегового пирса в г. Геленджик на побережье Черного моря представлены в таблице 1.

² Химический состав морской воды. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Морская_вода#/media/File:%D0%A1%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B8_%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%B8.svg (дата обращения 08.12.2017).

Таблица 1

Результаты микробиологического и химического
анализа проб бетона берегового пирса в г. Геленджик

Вид анализа	Высота отбора проб материала								
	2 м выше уровня моря			уровень поверхности воды			1 м ниже уровня моря		
Видовой состав микроорганизмов	<i>Cladosporium elatum</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Alternaria brassicae</i> <i>Chaetomium dolichotrichum</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>			<i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium elatum</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Alternaria brassicae</i> <i>Aspergillus oryzae</i> <i>Cladosporium herbarum</i>			<i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium elatum</i> <i>Fusarium moniliforme</i>		
Содержание солей, масс. %	NaCl	Na ₂ SO ₄	Σ	NaCl	Na ₂ SO ₄	Σ	NaCl	Na ₂ SO ₄	Σ
№ пробы (ориентация стены пирса)									
Точка 1 (на восток)	0,73	0,34	1,07	0,51	0,25	0,76	0,23	0,24	0,47
Точка 2 (на запад)	1,41	0,20	1,61	1,92	0,12	2,04	0,98	0,11	1,09
Σ в точках отбора проб	2,14	0,54	2,69	2,43	0,37	2,8	1,21	0,35	1,56
Среднее солесодержание в точках отбора проб	1,07	0,27	1,35	1,22	0,19	1,4	0,61	0,18	0,78

Составлено авторами

В соответствии с данными, приведенными в таблице 1, самый малочисленный состав микроорганизмов наблюдается в бетоне ниже поверхности морской воды. Так на глубине 1 м были выделены три вида микроорганизмов: *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme*, *Cladosporium elatum*. На уровне поверхности воды в материале пирса выявлено шесть видов микроорганизмов, к указанным выше добавились: *Alternaria brassicae*, *Cladosporium herbarum* и *Aspergillus oryzae*. В образцах, взятых на высоте 2 м над уровнем моря, выявлены пять видов микроорганизмов. При этом отсутствуют, из выявленных на уровне воды: *Cladosporium elatum*, *Aspergillus oryzae* и *Cladosporium herbarum*. Дополнительно выявлены следующие виды: *Chaetomium dolichotrichum* и *Penicillium chrysogenum*.

Среднее и суммарное солесодержание составило, соответственно, в бетоне ниже поверхности морской воды на глубине 1 м – 0,78 и 1,56 масс. %, на уровне поверхности воды – 1,40 и 2,80 масс. %, а на высоте 2 м над уровнем моря – 1,35 и 2,69 масс. %. Выявлено, что значения солесодержания коррелируются с видовым составом микроорганизмов в пробах материала пирса.

Анализ солесодержания в пробах материала в зависимости от ориентации точек отбора проб по сторонам света показал, что суммарное солесодержание выше на всех высотных отметках относительно уровня моря при ориентации вертикальной стены пирса на запад по сравнению со стеной, ориентированной на восток, и составляет: в точках на 1 м ниже уровня моря – 1,09 против 0,47 масс. %, на уровне поверхности воды – 2,04 против 0,76 масс. %, на уровне 2-х м выше уровня моря – 1,61 против 1,07 масс. %. Наибольшая разница в уровнях солесодержания для точки отбора проб №2 западной ориентации по сравнению с точкой №1 восточной ориентации наблюдается для проб, отобранных на уровне поверхности воды – на 63 отн. %. Для проб ниже поверхности морской воды на 1 м разница составляет 57 отн. %, а для проб на высоте 2 м над уровнем воды – 34 отн. %. Таким образом, для данных условий наибольшее солесодержание выявлено при западной ориентации стены пирса по сравнению с восточной.

На втором этапе были проведены исследования железобетонного забора (рис. 2), выполненного из заборных панелей длиной $3,00 \times 0,08 \times 2,00$ (h) м. Сравнивались показатели железобетонных изделий, находящихся на расстоянии около 50 м до кромки морской воды, т.к. известно, что наибольшее количество микроорганизмов выявляется на образцах, взятых с железобетонных конструкций на расстоянии от моря 50 м и больше [16]. Срок эксплуатации забора составляет более 30 лет, ремонтные работы по его восстановлению не проводились. Пробы материала отбирались из конструкций, которые были расположены параллельно и перпендикулярно по отношению к кромке морской воды одновременно с 2-х сторон конструкций – обращенных в сторону моря и с обратной стороны. Была также установлена ориентация забора по сторонам света: при расположении конструкции параллельно кромке моря она имела ориентацию лицевой стороны – на северо-восток (С-В), а тыльной стороны – на юго-запад (Ю-З). Для забора, расположенного перпендикулярно береговой кромке, лицевая сторона была ориентирована на юго-восток (Ю-В), а тыльная – на северо-запад (С-З).



Рисунок 2. Место отбора проб (выделено авторами красным цветом) железобетонных конструкций забора на карте (источник карты: <https://www.google.com/maps/place/Пурс,Тонкий+мыс/@44.566547,38.031781,401m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0xf77320a2414010f6!8m2!3d44.5673041!4d38.033116?hl=ru>)

Визуальный осмотр железобетонных конструкций забора позволил выявить, что наибольшим разрушениям подвергся лицевой слой конструкций, расположенных параллельно берегу моря и обращенных к морю, т. е. С-В ориентации (рис. 3). Арматура заборных элементов имеет следы коррозии.



Рисунок 3. Внешний вид образцов железобетонных конструкций забора при их расположении: а, б – параллельно берегу моря с ориентацией: а – к морю (С-В), б – от моря (Ю-З); в, г – перпендикулярно берегу моря с ориентацией: в – к морю (Ю-В), г – от моря (С-З) (фото авторов)

Установлен видовой состав микроорганизмов на поверхности конструкций. Более обширно он выражен на поверхностях, обращенных в сторону моря, С-В и Ю-В ориентации – 9 видов микроорганизмов, по сравнению с поверхностями, обращенными «от моря», С-З и Ю-З ориентации, где обнаружены 6 видов микроорганизмов.

Из перечисленных в таблице 2 шести видов микроорганизмов, выявленных на стороне, обращенной «от моря», в образцах конструкций забора, обращенных «к морю», отсутствуют 2 вида – *Penicillium chrysogenum* и *Penicillium nigricans*, дополнительно обнаружены 5 видов – *Aspergillus clavatus*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium avenaceum*, *Aspergillus niger* и *Aspergillus oryzae*, т. е. всего присутствуют девять видов микроорганизмов.

Уровень соленосодержания в конструкциях, расположенных параллельно берегу и обращенных в сторону «к морю» (ориентация на С-В), на 16 отн. % выше, чем в конструкциях, расположенных в сторону «от моря» с ориентацией на Ю-З (табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав микроорганизмов в пробах элементов конструкций железобетонного забора в прибрежной зоне Черноморского побережья

Ориентация вертикальной плоскости забора относительно моря	Расположение конструкции забора по отношению к берегу моря						Видовой состав микроорганизмов
	Параллельно берегу			Перпендикулярно берегу			
	Содержание солей, масс. % и ориентация вертикальной плоскости забора по сторонам света						
	NaCl	Na ₂ SO ₄	∑	NaCl	Na ₂ SO ₄	∑	
«к морю»	0,21 (С-В)	0,10 (С-В)	0,31	0,16 (Ю-В)	0,10 (Ю-В)	0,26	<i>Aspergillus clavatus</i> <i>Alternaria brassicae</i> <i>Penicillium variabile</i> <i>Cladosporium elatum</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium avenaceum</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus oryzae</i>
«от моря»	0,16 (Ю-З)	0,10 (Ю-З)	0,26	0,16 (С-З)	0,10 (С-З)	0,26	<i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Penicillium nigricans</i> <i>Penicillium variabile</i> <i>Cladosporium elatum</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Alternaria brassicae</i>
Среднее солесодержание	0,19	0,10	0,29	0,16	0,10	0,26	

Составлено авторами

На третьем этапе исследования был проведен анализ розы ветров в г. Геленджик (рис. 4)³, который показал, что направление С-В ветра (повторяемость 17,8 %) по сравнению с Ю-З направлением (повторяемость 8,2 %) преобладает в 2,2 раза. Поэтому очевидно, что накопление солей в конструкциях забора, параллельных берегу и обращенных к морю, имеющих С-В ориентацию, объясняется внесением на поверхность строительного материала конструкций аэрозоля солей со стороны моря. В то же время тыльная сторона конструкции забора, ориентированная на Ю-З, подвергается ветровому воздействию меньшей интенсивности и оказывается более защищенной той частью забора, которая имеет направление, перпендикулярное берегу моря.

Анализ данных таблицы 2 позволил установить, что на лицевой (ориентация на Ю-В) и тыльной сторонах (ориентация на С-З) забора, расположенного перпендикулярно берегу моря, солесодержание находится на том же уровне, что и солесодержание в конструкциях, параллельных берегу моря и обращенных «от моря» с ориентацией на Ю-З, а также на 16 отн. % ниже, чем в конструкциях, расположенных в сторону «к морю» с ориентацией на С-В.

При ориентации забора перпендикулярно берегу моря его лицевая сторона, обращенная в сторону моря и на Ю-В подвергается меньшему воздействию аэрозоля морской соли вследствие своей перпендикулярной ориентации, а также меньшему воздействию Ю-В ветра, повторяемость которого составляет 13 % против С-В ветра повторяемостью 17,8 % для забора параллельной ориентации относительно берега в направлении на С-В.

³ World Weather. Архив погоды / Архив погоды в России / Архив погоды в Геленджике. – Режим доступа: <https://world-weather.ru/archive/russia/gelendzhik/> (дата обращения 30.01.2018).

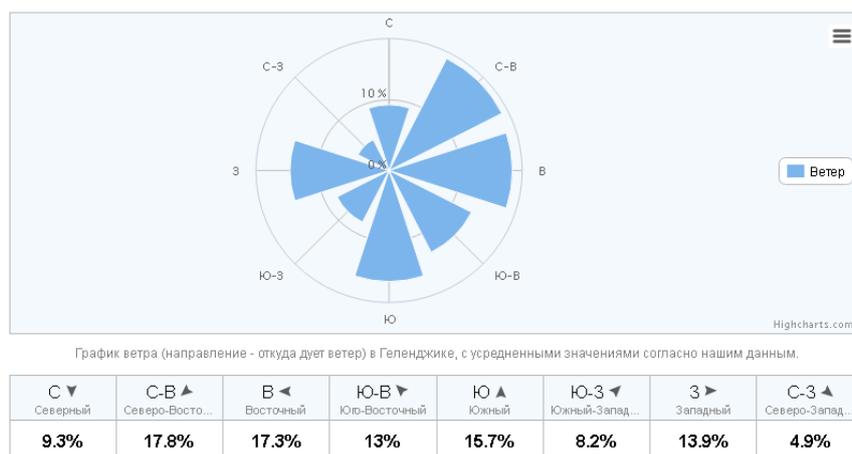


Рисунок 4. Роза ветров в г. Геленджик
(источник: <https://world-weather.ru/archive/russia/gelendzhik/>)

На разрушение поверхностного слоя бетона забора также оказывает влияние солнечная радиация. При этом ее воздействие сложное, т. к. при существующем расположении забора его взаимно перпендикулярные стороны, обращенные «от моря» в течение светового дня отбрасывают тень друг на друга. Проведен анализ количества суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) на вертикальную поверхность конструкций забора при безоблачном небе без учета нахождения исследуемой поверхности в тени перпендикулярной конструкции.

Суммарная солнечная радиация определялась в соответствии с данными свода правил⁴ для местоположения: г. Геленджик, высота над уровнем моря – 22 м, географические координаты – 44°33'43" северной широты и 38°05'05" восточной долготы. Результаты выборки приведены в таблице 3.

При С-В и С-З ориентации забора величина суммарной солнечной радиации составляет 575 кВт·ч/м². При Ю-В и Ю-З ориентации – 1594 кВт·ч/м². Известно, что при воздействии солнечной радиации возникают значительные напряжения в теле конструкций вследствие радиационной амплитуды и неоднородного состава материала. Поэтому при воздействии солнечной радиации возможно более интенсивное разрушение материала от действия солевой и микробиологической среды.

Таблица 3

**Значение суммарной солнечной радиации
(прямой и рассеянной) на вертикальную поверхность при безоблачном небе, кВт·ч/м²**

Ориентация забора		Календарные месяцы												Σ за год
Относительно берега	По сторонам света	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Параллельно берегу	С-В	–	–	51	71	91	96	92	76	57	41	–	–	575
	Ю-З	130	132	157	142	135	121	120	136	138	144	125	114	1594
Перпендикулярно берегу	Ю-В	130	132	157	142	135	121	120	136	138	144	125	114	1594
	С-З	–	–	51	71	91	96	92	76	57	41	–	–	575

Составлено авторами

⁴ Свод правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. – М: ФАУ «ФЦС», 2015. – 13 с., табл. 9.1.

Заключение

Проведенное исследование показало, что в условиях влияния черноморского климата происходит одновременное воздействие на строительные конструкции переменных положительных температур, солнечной радиации, ветра, биологической среды, влаги и примесей гигроскопических морских солей в воздухе. Интенсивность воздействия негативных факторов зависит от высотных отметок расположения конструкций относительно уровня глади воды, а также их ориентации относительно береговой кромки и по сторонам света. При этом ориентация по сторонам света является определяющим фактором для учета влияния ветра и солнечной радиации.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ПАО «Пигмент», г. Тамбов – директору по производству Григорьеву И.Е., главному инженеру Балакиреву А.Е., начальнику аналитической лаборатории Центральной лаборатории Ботовой И.П. за предоставленное оборудование и материалы для проведения химических анализов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудерская, О.О. Исследование влияния добавки ХСТН на развитие коррозии и образование высолов на поверхности бетона // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Изд-во Кузбасского государственного технического ун-та им. Т.Ф. Горбачева (Кемерово). – 2010. – №4. – С. 141-143.
2. Баженов, Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.
3. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шисль П. Долговечность железобетона в агрессивных средах. – М., 1990. – 316 с.
4. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. – М.: Стройиздат, 1976. – 205 с.
5. Математические модели процессов коррозии бетона / Б.В. Гусев, А.С. Файвусович, В.Ф. Степанова и др. – М.: ИИЦ «ТИМР», 1996. – 103 с.
6. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Хрунов В.А. Математическое моделирование массопереноса в процессах коррозии бетона для обеспечения безопасности и долговечности зданий и сооружений // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе: сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвящённых 105-летию академика А.В. Лыкова. – 2015. – С. 260-262.
7. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // ACADEMIA. PAACH. – М., 2015. – № 1. – С. 93-102.
8. Ельчищева, Т.Ф. Динамика содержания примесей в воздухе Центрально-Черноземного региона для проектирования наружных ограждающих конструкций зданий // Жилищное строительство. – 2016. – №6. – С. 48-51.
9. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Морозов Е.А. и др. Микробиологическое разрушение материалов. – М.: АСВ, 2008. – 128 с.

10. Москвин В.М., Капкин М.М., Мазур Б.М., Савицкий А.Н., Ярмаковский В.Н. Бетон для строительства в суровых климатических условиях. – Л.: Стройиздат, 1973. – 168 с.
11. Карпенко Н.И., Каприелов С.С., Ромкин Д.С., Безгодов И.М., Андрианов А.А. Результаты исследования физико-механических и реологических характеристик высокопрочного бетона // Известия ОрелГТУ. – 2009. – Вып.1/21 (553). – С. 28-37.
12. Овчинников И.И., Чэнь Тао, Овчинников И.Г. Вероятностное моделирование поведения армированных мостовых конструкций в агрессивных условиях эксплуатации // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) <https://t-s.today/PDF/03TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/03TS417.
13. Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. – Киев: Наукова думка, 1980. – 288 с.
14. Иванов Ф.М., Горшин С.Н., Уайт Дж. и др. Биоповреждения в строительстве. / Под ред. Ф.М. Иванова, С.Н. Горшина. – М.: Стройиздат, 1984. – 320 с.
15. Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Смирнов В.Ф. Влияние старения вяжущих на их биологическую стойкость // Известия КазГАСУ. – 2010. – № 2 (14). – С. 213-217.
16. Смирнов, И.В. Моделирование физико-механических свойств и климатической стойкости эпоксидных композитов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / И.В. Смирнов. – Саранск, 2017. – 24 с.
17. Киселев В.А., Тюкин А.В., Логинова С.А., Чеснокова Т.В. Биологическая коррозия строительных материалов и методы ее обнаружения // Информационная среда вуза. – 2017. – Т. 1. – № 1 (1). – С. 73-76.
18. Гусев Б.В., Файвусович А.С. Математическая теория процессов коррозии бетона и железобетона // Технологии бетонов. – 2014. – № 10 (99). – С. 35-39.
19. Меркулов, Д.А. Композиционные строительные материалы на основе полиэфирной смолы ПН-609-21М: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Д.А. Меркулов. – Саранск, 2017. – 28 с.
20. Биологическое сопротивление материалов / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
21. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами, на основе гуанидина / П.Г. Комохов, В.Т. Ерофеев, Г.Е. Афиногенов [и др.]. – СПб: Наука, 2010. – 192 с.
22. Румянцева В.Е., Гоглев И.Н., Шестеркин М.Е., Чернова И.В., Воробьев И.В. Особенности процесса сульфатной коррозии бетона в агрессивных средах // Информационная среда вуза. – 2017. – Т. 1. – № 1 (1). – С. 69-73.

Erofeev Vladimir Trofimovich

National research Ogarev Mordovia state university, Saransk, Russia
Research institute of materials science, Moscow, Russia
E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Elchishcheva Tatiana Fedorovna

Tambov state technical university, Tambov, Russia
E-mail: elschevat@mail.ru

Rodin Alexander Ivanovich

National research Ogarev Mordovia state university, Saransk, Russia
Research institute of materials science, Moscow, Russia
E-mail: al_rodin@mail.ru

Smirnov Igor Vital'evich

National research Ogarev Mordovia state university, Saransk, Russia
E-mail: smirnovigor26@yandex.ru

Merkulov Dmitry Alekseevich

National research Ogarev Mordovia state university, Saransk, Russia
E-mail: dimamerkulov38@gmail.com

Fedorcov Vladislav Anatol'evich

National research Ogarev Mordovia state university, Saransk, Russia
E-mail: fedorcovap@mail.ru

Chuvatkin Aleksey Aleksandrovich

National research Ogarev Mordovia state university, Saransk, Russia
E-mail: alexej920408@gmail.com

Investigation of concrete properties of reinforced concrete constructions of structures operated in the coastal zone of the Black Sea coast

Abstract. Concrete and reinforced concrete are used for the erection of buildings and structures with long service lives. The use of structures from these building materials is of a massive nature, to meet the need for construction in the world, more than 4,5 billion m³ per year of concrete and reinforced concrete are produced. In the course of operation, structures are often exposed to unfavorable environmental influences (aggressive chemicals in the form of gases, solutions of salts and their aerosols, microorganisms) and find themselves in difficult working conditions. These effects contribute to the destruction of materials and reduce the durability of structures, which in some cases can fail in a year or even months after the start of operation. With the location of construction sites near industrial plants and on the sea coast, the impact of unfavorable factors may increase. The article presents the results of an investigation of the content of inorganic salts and species composition of microorganisms in the surface layer of concrete reinforced concrete structures operated on the Black Sea coast. The authors presented the results of a study of concrete samples taken from pier structures directly in contact with seawater, depending on elevation marks relative to sea level and orientation to the sides of the world. Also, the results of the study of samples taken from fence designs located at a distance of about 50 m from the coastal edge are obtained, depending on the orientation of the fence along the sides of the light and its parallel or perpendicular position relative to the shore line. A correlation was found between the levels of salt content and the species of microorganisms inhabiting the surface layer of concrete in coastal structures. It is established that under the influence of the sea

climate, a high temperature of air, solar radiation, wind, biological environment, moisture and impurities of hygroscopic sea salts in the air occur simultaneously on the building structures. The intensity of the impact of negative factors depends on the elevation marks of the location of structures relative to the level of the smooth surface of the water and their orientation relative to the shore and to the sides of the world.

Keywords: aggressive environment; aerosol salts; concrete and reinforced concrete; biodamage; destruction of concrete; constructions and structures; corrosion; microorganisms; salt content

REFERENCES

1. Kuderskaya O.O. (2010). Investigation of the influence of the HSTN additive on the development of corrosion and the formation of high temperatures on the surface of concrete. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 4, pp. 141-143. (in Russian).
2. Bazhenov Yu.M. (2003). *Tehnologija betona. [Technology of concrete.]* Moscow: Publishing House of the DIA, p. 500.
3. Alekseev S.N., Ivanov F.M., Modry S., Schissl P. (1990). *Dolgovechnost' zhelezobetona v agressivnyh sredah. [Durability of reinforced concrete in corrosive environments.]* Moscow, p. 316.
4. Alekseev S.N., Rosenthal N.K. (1976). *Korroziionnaja stojkost' zhelezobetonnyh konstruktsij v agressivnoj promyshlennoj srede. [Corrosion resistance of reinforced concrete structures in an aggressive industrial environment.]* Moscow: Stroizdat, p. 205.
5. Gusev B.V., Fayvusovich A.S., Stepanova V.F. and etc. (1996). *Matematicheskie modeli protsessov korrozii betona. [Mathematical models of processes of corrosion of concrete.]* Moscow: Information and Research Center "TIMR", p. 103.
6. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Khrunov V.A. (2015). Mathematical modeling of mass transfer in the processes of corrosion of concrete to ensure the safety and durability of buildings and structures. *A collection of scientific articles of the First International Lykov scientific readings dedicated to the 105th anniversary of Academician A.V. Lykov*, pp. 260-262. (in Russian).
7. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Erofeev V.T. (2015). On modern methods of ensuring the durability of reinforced concrete structures. *ACADEMIA. RAASN*, 1, pp. 93-102. (in Russian).
8. Elchischeva T.F. (2016). Dynamics of the content of impurities in the air of the Central Black Earth region for the design of external enclosing structures of buildings. *Housing construction*, 6, pp. 48-51. (in Russian).
9. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Morozov E.A. and etc. (2008). *Mikrobiologicheskoe razrushenie materialov. [Microbiological destruction of materials.]* Moscow: ASV, p. 128.
10. Moskvina V.M., Kapkin M.M., Mazur B.M., Savitsky A.N., Yarmakovskiy V.N. (1973). *Beton dlja stroitel'stva v surovyyh klimaticheskikh usloviyah. [Concrete for construction in harsh climatic conditions.]* Leningrad: Stroyizdat, p. 168.

11. Karpenko N.I., Caprielov S.S., Romkin D.S., Bezgodov I.M., Andrianov A.A. (2009). Results of investigation of physical-mechanical and rheological characteristics of high-strength concrete. *Izvestiya OrelGTU*, 1/21(553), pp. 28-37. (in Russian).
12. Ovchinnikov I.I., Chen Tao, Ovchinnikov I.G. (2017). Probabilistic modeling of behavior of reinforced bridge structures in aggressive operating conditions. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(3). Available at: <https://t-s.today/PDF/03TS417.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/03TS417.
13. Andreyuk E.I., Bilai V.I., Koval E.Z., Kozlova I.A. (1980). Mikrobnaja korrozija i ee vzbuditeli. [*Microbial corrosion and its pathogens.*] Kiev: Naukova Dumka, p. 288.
14. Ivanov F.M., Gorshin S.N., White J. end etc. (1984). Biopovrezhdenija v stroitel'stve. [*Bio-damage in construction.*] Moscow: Stroizdat, p. 320.
15. Erofeev V.T., Bogatov A.D., Bogatova S.N., Smirnov V.F. (2010). Effect of aging binders on their biological resistance. *Izvestiya KazGASU*, 2(14), pp. 213-217. (in Russian).
16. Smirnov I.V. (2017). Modelirovanie fiziko-mehaničeskikh svojstv i klimatičeskoj stojkosti `epoksidnyh kompozitov. [*Modeling of physicomechanical properties and climatic stability of epoxy composites.*] Saransk, p. 24.
17. Kiselev V.A., Tyukin A.V., Loginova S.A., Chesnokova T.V. (2017). Biological corrosion of building materials and methods for its detection. *Information environment of the university*, 1(1), pp. 73-76. (in Russian).
18. Gusev B.V., Favusovich A.S. (2014). Mathematical theory of corrosion processes of concrete and reinforced concrete. *Technologies of concrete*, 10(99), pp. 35-39. (in Russian).
19. Merkulov D.A. (2017). Kompozitsionnye stroitel'nye materialy na osnove poli`efirnoj smoly PN-609-21M. [*Composite building materials based on polyester resin PN-609-21M.*] Saransk, p. 28.
20. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F. and etc. (2001). Biologičeskoe soprotivlenie materialov. [*Biological resistance of materials.*] Saransk: Publishing house of Mordovian University, p. 196.
21. Komokhov P.G., Erofeev V.T., Afinogenov G.E. and etc. (2010). Zashita zdanij i sooruzhenij ot biopovrezhdenij biotsidnymi preparatami, na osnove guanidine. [*Protection of buildings and structures against biological damage caused by biocidal preparations, based on guanidine.*]. Saint Petersburg: Science, p. 192.
22. Rumyantseva V.E., Goglev I.N., Shesterkin M.E., Chernova I.V., Vorobyev I.V. (2017). Features of the process of sulfate corrosion of concrete in aggressive environments. *Information environment of the university*, 1(1), pp. 69-73. (in Russian).