

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 6, Number 318 (2016), 81 – 87

S. A. Aitkeldiyeva, E. R. Faizulina, O. N. Auezova,
L. G. Tatarkina, A. M. Nurmukhanbetova

RSE "Institute of Microbiology and Virology" SC MES RK, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: ecomicrolab@gmail.com

EVALUATION OF THE MICROBIOLOGICAL CONDITION OF REINFORCED CONCRETE DESIGNS AND CONSTRUCTIONS OF THE ALMATY SUBWAY

Abstract. The problem of protection of buildings and constructions from aggressive chemical and biological impacts of the environment becomes very urgent. Microbiological corrosion becomes the important factor influencing reliability and durability of steel concrete designs. Implementation of microbiological monitoring researches on objects of the Almaty subway can promote timely detection of corrosion-dangerous microflora. Examination of samples of scrapes from the damaged surfaces of concrete and steel concrete designs of the subway was carried out in summer and autumn period at four stations "Zhibek Zholy", "Almaly", "Raiymbek" and "Baikonur". Studies have shown that the acidity of the samples was neutral and alkaline. It is established that at the scrapes which are selected from the damaged sites of steel concrete constructions of the subway there were all physiological groups of heterotrophic microorganisms. Bacteria were dominating. Denitrifying microorganisms, filamentous fungi and actinomycetes were also numerous. Among thiobacteria considerable content of *Thiobacillus denitrificans* was noted. Other species of thiobacteria and sulfate-reducing bacteria were small.

Keywords: biocorrosion, reinforced concrete structures, corrosion-hazardous microorganisms, thione and sulfate-reducing bacteria, heterotrophic bacteria, filamentous fungi, actinomycetes.

УДК 579.846.2

С. А. Айткельдиева, Э. Р. Файзулина, О. Н. Ауэзова,
Л. Г. Татаркина, А. М. Нурмуханбетова

РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, Алматы, Казахстан

ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ АЛМАТИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Аннотация. Проблема защиты зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды в настоящее время становится весьма актуальной. Микробиологическая коррозия становится важным фактором, влияющим на надежность и долговечность железобетонных конструкций. Проведение микробиологических мониторинговых исследований на объектах Алматинского метрополитена может способствовать своевременному обнаружению коррозионно-опасной микрофлоры. Обследование образцов соскобов с поврежденных поверхностей бетонных и железобетонных конструкций метрополитена проводили в летне-осенний период на четырех станциях «Жибек Жолы», «Алмалы», «Райымбек» и «Байконур». Проведенные исследования показали, что кислотность всех образцов была нейтральной и щелочной. Установлено, что в соскобах, отобранных с поврежденных участков железобетонных сооружений метрополитена, присутствовали все физиологические группы гетеротрофных микроорганизмов. Доминирующими были бактерии. Также многочисленны денитрифицирующие микроорганизмы, мицелиальные грибы и акти-

номицеты. Среди тионовых бактерий отмечено значительное содержание *Thiobacillus denitrificans*. Остальные виды тионовых и сульфатредуцирующих бактерий были малочисленными.

Ключевые слова: биокоррозия, железобетонные конструкции, коррозионно-опасные микроорганизмы, тионовые и сульфатредуцирующие бактерии, гетеротрофные микроорганизмы, мицелиальные грибы, актиномицеты.

Введение. Проблема защиты строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды в настоящее время становится весьма актуальной. В общественных зданиях и сооружениях, в частности, в метрополитенах, в зонах с высокой влажностью и определенными климатическими условиями микробиологическая коррозия становится важным фактором, влияющим на надежность и долговечность железобетонных конструкций, которые являются одними из наиболее часто применяемых строительных материалов. Однако наряду со своими уникальными физико-механическими свойствами они гигроскопичны и кислотоустойчивы. За счет этого железобетонные материалы подвержены биокоррозии, то есть разрушению под воздействием многочисленных микроорганизмов-деструкторов [1-3]. Биологическая коррозия – это процессы повреждения металлов, металлоконструкций и других строительных материалов, вызванные продуктами жизнедеятельности живых организмов, поселяющихся на поверхности строительных конструкций. Значительную роль при биокоррозии играют многочисленные бактерии и микроскопические грибы, для развития и размножения которых при определенных условиях эксплуатации зданий и сооружений создается благоприятная среда [4, 5].

Опасность и интенсивность биокоррозии усугубляется хозяйственной деятельностью, в результате чего могут возникать затопления помещений, протечки и другие аварийные ситуации. Сведения о роли микробиологического фактора в коррозии металлов и других материалов с каждым годом накапливаются, обобщаются, подсчитываются убытки, наносимые экономике. Многочисленность видов микробной коррозии свидетельствует о необычайно широком распространении этого явления в различных сферах деятельности человека [6, 7].

В 2011 г. открылась первая ветка Алматинского метрополитена, строительство которого было начато в 1988 г. В 1993–1994 гг. были проведены первые предварительные исследования грунтов в строящихся тоннелях. Результаты показали, что из коррозионно-опасных микроорганизмов в значительном количестве встречались денитрифицирующие микроорганизмы (до 10^6 кл/г). Было сделано предположение, что при наличии соответствующих условий эта группа микроорганизмов может способствовать развитию коррозионных процессов в метрополитене [8].

Проведение микробиологических мониторинговых исследований на объектах Алматинского метрополитена может способствовать своевременному обнаружению коррозионно-опасной микрофлоры и принятию срочных мер по ее устранению.

Цель исследования – изучение и оценка степени зараженности коррозионно-опасной микрофлорой Алматинского метрополитена в условиях эксплуатации в летне-осенний период.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являлись образцы соскобов с поврежденных поверхностей железобетонных конструкций метрополитена.

Выделение коррозионно-опасных микроорганизмов проводилось методом посева отобранных образцов на селективные питательные среды [9, 10].

Посев осуществляли путем посева 0,1 мл суспензии из разведений 1:10 – 1:10⁷ в чашки Петри с соответствующей средой и инкубировали в термостате при 28 °С в течение 5-10 дней.

Для выделения бактерий *Thiobacillus thioparus* использовали среду Бейеринка. О наличии бактерий судили по подкислению и помутнению среды, а также обнаружению при микроскопировании среды мелких палочковидных клеток с закругленными концами размером 0,5 – 0,8 микрон (мк) по ширине и 0,9 – 1,4 мк по длине.

Для обнаружения бактерий *Thiobacillus thiooxidans* посева производили в среду Ваксмана. О наличии бактерий судили по подкислению и помутнению среды, а также обнаружению при микроскопировании мелких палочковидных клеток размером 0,5 – 0,8 микрона (мк) по ширине и 1,0 – 2,0 мк по длине.

Для обнаружения бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* использовали среду 9К. О наличии бактерий судили по изменению окраски среды. При развитии этой группы бактерий среда стано-

вится оранжевой в результате образования сернокислого окисного железа. При микроскопировании обнаруживаются короткие палочки размером 0,3 – 0,4 мкм шириной и 0,7 – 1,7 мкм длиной.

Для обнаружения бактерий *Thiobacillus denitrificans* использовали среду Баалсруда. О наличии бактерий судили по газообразованию, появлению нитритов и помутнению среды. Для обнаружения нитритов использовалась цветная качественная реакция с реактивом Грисса. При добавлении этого реактива к среде появляется розовое окрашивание раствора, свидетельствующее о присутствии нитритов. Микроскопирование суспензии из пробирок, где обнаружено газообразование и появление нитритов, позволяет увидеть палочки шириной 0,4 – 0,5 мкм и длиной 1 мкм.

Сульфатредуцирующие бактерии (СРБ) выделяли на среде Постгейта. О наличии СРБ судили по почернению среды.

Гетеротрофные бактерии учитывали на питательном агаре (Titan media, Индия), актиномицеты – на крахмал-аммиачном агаре (КАА), дрожжи – на глюкозо-пептонном агаре (ГПА), микромицеты – на среде Чапека 3.

Для определения pH среды использовали иономер марки «Consort» С931.

Результаты исследований

Обследование образцов соскобов с поврежденных поверхностей железобетонных конструкций метрополитена проводили в летне-осенний период на четырех станциях (рисунок). Летом было отобрано 12 образцов соскобов, в осенний период – 20. На всех станциях материальные строительные конструкции и микроклиматические условия (температура, влажность, продуваемость и т.д.) были практически одинаковыми.



Рисунок – Поврежденные поверхности железобетонных конструкций

Результаты исследования показали, что в летний период кислотность всех отобранных образцов была нейтральной и щелочной (pH 7,3–10,5). Численность наиболее коррозионно-опасных микроорганизмов – тионовых и сульфатредуцирующих бактерий представлена в таблице 1. Самой многочисленной группой из тионовых бактерий были *Thiobacillus denitrificans*. Они

встречались практически во всех исследуемых пробах. Их численность составляла 10^2 – 10^5 кл/г. Наибольшее их число выявлено в образце №8 (соскоб со стены вентиляционной шахты), отобранном на станции «Райымбек». В этой же пробе в незначительном количестве учитывались бактерии *Thiobacillus thiooiparus*.

Бактерии *Thiobacillus ferrooxidans* обнаружены только в одной пробе, при этом их численность была незначительной (десятки клеток в 1 г).

Таблица 1– Численность тионовых и сульфатредуцирующих бактерий в образцах, отобранных в летний период

№ проб	Название станций	рН среды	Виды микроорганизмов, НВЧ кл/г				
			<i>T. ferrooxidans</i>	<i>T. thiooxidans</i>	<i>T. denitrificans</i>	<i>T. thioiparus</i>	СРБ
1	Жибек Жолы	8,4	–	–	$2,5 \times 10^4$	–	–
2		10,5	–	–	–	–	–
3		7,7	–	–	$2,0 \times 10^2$	–	–
4		7,7	–	–	$6,0 \times 10$	–	–
5		7,9	–	–	$9,0 \times 10^4$	–	–
6		7,5	–	–	$1,2 \times 10^2$	–	–
7	Алмалы	7,3	9×10	–	$1,3 \times 10^2$	–	–
8	Райымбек	9,1	–	–	$5,0 \times 10^5$	единицы	$2,5 \times 10$
9		7,5	–	–	$2,5 \times 10^3$	–	–
10		9,7	–	–	$2,5 \times 10^2$	–	–
11	Байконур	9,6	–	–	$2,5 \times 10^3$	–	$2,5 \times 10^3$
12		8,6	–	–	–	–	единицы

Бактерии *Thiobacillus thiooxidans* не обнаружены ни в одной пробе, что связано с щелочной реакцией среды исследуемых объектов.

Сульфатредуцирующие бактерии отмечены в одной пробе со станции «Райымбек» и двух пробах, отобранных на станции «Байконур». При этом их численность была невысокой – от единиц до тысяч клеток в 1 г соскоба.

В этих же образцах помимо тионовых и сульфатредуцирующих бактерий исследовалась и гетеротрофная микрофлора (таблица 2).

Самой многочисленной группой гетеротрофов были бактерии, они присутствовали во всех образцах. В пробе №4, отобранной на станции «Жибек Жолы», встречались только гетеротрофные

Таблица 2 – Численность гетеротрофных микроорганизмов в образцах, отобранных в летний период

№ проб	Бактерии, КОЕ/г	Актиномицеты, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г	Мицелиальные грибы, КОЕ/г	Денитрифицирующие гетеротрофы, НВЧ кл/г (мл)
1	$(3,4 \pm 0,1) \times 10^7$	$(1,1 \pm 0,2) \times 10^4$	$(2,7 \pm 0,4) \times 10^7$	$(8,2 \pm 0,6) \times 10^4$	$2,5 \times 10^5$
2	единицы	единицы	–	единицы	–
3	$(8,6 \pm 0,7) \times 10^5$	$(5,5 \pm 0,5) \times 10^4$	–	$(2,3 \pm 0,3) \times 10^3$	$6,0 \times 10^3$
4	$(4,1 \pm 0,1) \times 10^3$	–	–	–	единицы
5	$(4,1 \pm 0,4) \times 10^6$	$(6,4 \pm 0,6) \times 10^5$	–	$(1,2 \pm 0,4) \times 10^4$	$6,0 \times 10^4$
6	$(1,9 \pm 0,2) \times 10^6$	$(1,9 \pm 0,3) \times 10^4$	единицы	$(2,2 \pm 0,3) \times 10^3$	$2,5 \times 10^5$
7	$(1,7 \pm 0,09) \times 10^7$	–	–	$(6,6 \pm 0,2) \times 10^6$	$2,5 \times 10^7$
8	$(1,1 \pm 0,07) \times 10^5$	$(1,0 \pm 0,07) \times 10^5$	–	$(3,4 \pm 0,09) \times 10^5$	$6,0 \times 10^3$
9	$(8,5 \pm 0,2) \times 10^3$	$(1,4 \pm 0,3) \times 10^4$	–	$(2,5 \pm 0,4) \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$
10	$(3,5 \pm 0,1) \times 10^2$	–	–	единицы	$6,0 \times 10$
11	$(3,1 \pm 0,4) \times 10^5$	$(3,9 \pm 0,4) \times 10^5$	$(1,9 \pm 0,3) \times 10^3$	$(7,0 \pm 0,9) \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
12	$(1,2 \pm 0,08) \times 10^6$	$(3,8 \pm 0,4) \times 10^5$	–	$(3,0 \pm 0,8) \times 10^2$	$2,5 \times 10^4$

бактерии, но их численность была невысокой. В остальных образцах, помимо бактерий, отмечались актиномицеты, мицелиальные грибы и денитрифицирующие микроорганизмы. Численность актиномицетов составляла 10^4 - 10^5 кл/г, мицелиальных грибов – 10^2 - 10^6 кл/г, гетеротрофных денитрифицирующих микроорганизмов – 10^3 - 10^7 кл/г. Дрожжи учитывались только в трех пробах со станций «Жибек Жолы» и «Байконур».

На тех же станциях метрополитена проводилось обследование поврежденных железобетонных покрытий в осенний период. Результаты исследования показали, что в этот период кислотность большинства отобранных образцов была нейтральной и щелочной (pH 7,0-11,2). Так же, как и летом среди тионовых бактерий преобладали *Thiobacillus denitrificans*, но их численность была несколько выше (таблица 3). Наибольшее их число 10^5 кл/г выявлено в образце №1, отобранном на станции «Жибек Жолы», который представлял собой соскоб с поврежденной стены в перспективном переходе.

Таблица 3 – Численность тионовых и сульфатредуцирующих бактерий в образцах, отобранных в осенний период

№ проб	Название станций	pH среды	Виды микроорганизмов, (НВЧ кл/г)				
			<i>T. ferrooxidans</i>	<i>T. thiooxidans</i>	<i>T. denitrificans</i>	<i>T. thioparus</i>	СРБ
1	Жибек Жолы	7,1	единицы	–	$2,5 \times 10^5$	–	единицы
2		10,4		–	6×10^3	–	25
3		7,0	25	–	$2,5 \times 10^4$	единицы	–
4		7,0		–	$1,3 \times 10^4$	–	–
5		7,0	единицы	–	6×10^4	–	единицы
6		11,2		–	$2,5 \times 10^3$	25	–
7		7,3		–	$2,5 \times 10^4$	–	единицы
8	Алмалы	7,0	25	–	$2,5 \times 10^2$	–	25
9		8,9	единицы	–	$1,3 \times 10^4$	единицы	60
10	Райымбек	7,2			$1,3 \times 10^2$	–	единицы
11		7,0	единицы	–	$2,5 \times 10^4$	–	–
12		10,8	–	–	$1,3 \times 10^3$	–	–
13		7,0	единицы	–	$6,0 \times 10^2$	–	–
14	Байконур	6,8	единицы	–	$1,3 \times 10^3$	–	25
15		8,1		–	$2,5 \times 10^3$	единицы	–
16		7,0	–	–	$2,5 \times 10^3$	–	60
17		7,2		–	–	–	единицы
18		6,9	единицы	–	–	–	–
19		7,0	–	–	$1,3 \times 10^2$	единицы	единицы
20	7,0	единицы	–	–	–	–	

Представители *Thiobacillus thiooxidans* не выявлялись. Это связано с тем, что все отобранные образцы имели нейтральную или щелочную реакцию, а для развития этой группы микроорганизмов необходима кислая среда. Бактерии *Thiobacillus ferrooxidans* и *Thiobacillus thioparus* учитывались чаще, чем летом, но также в единичных количествах. Сульфатредуцирующие бактерии отмечены в 11 пробах. В основном они встречались в соскобах, отобранных на станциях «Жибек Жолы», «Алмалы» и «Байконур». При этом их численность была невысокой – от единиц до десятков клеток в 1 г соскоба.

Как и в предыдущий сезон, преобладающей группой были гетеротрофные бактерий – 10^5 - 10^7 КОЕ/г (таблица 4). Во всех изученных образцах присутствовали денитрифицирующие микроорганизмы, особенно много их учтено на станции «Алмалы» (10^4 - 10^5 кл/г). Важно подчеркнуть, что практически во всех образцах как летом, так и осенью встречались мицелиальные грибы, которые, как известно, резко ухудшают эксплуатационные характеристики тех материалов, на которых растут. Особенно много микромицетов было учтено на станциях «Алмалы» и «Байконур» – миллионы клеток в 1 г образца. На всех исследованных станциях были обнаружены актиномицеты.

Таблица 4 – Численность гетеротрофных микроорганизмов в образцах, отобранных в осенний период

№ проб	Бактерии (КОЕ/г)	Актиномицеты (КОЕ/г)	Дрожжи (КОЕ/г)	Мицелиальные грибы (КОЕ/г)	Денитрифицирующие гетеротрофы, НВЧ кл/г
1	$(5,4 \pm 0,5) \times 10^5$	$(1,3 \pm 0,1) \times 10^3$	единицы	$(2,1 \pm 0,1) \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
2	$(9,5 \pm 0,8) \times 10^6$	$(7,3 \pm 0,9) \times 10^3$		единицы	6×10^3
3	$(2,1 \pm 0,2) \times 10^7$	$(2,7 \pm 0,1) \times 10^5$	$(2,5 \pm 0,2) \times 10^5$	$(2,0 \pm 0,3) \times 10^4$	6×10^3
4	$(2,9 \pm 0,3) \times 10^6$	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^4$	$(4,1 \pm 0,5) \times 10^3$	$(2,1 \pm 0,3) \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
5	$(4,2 \pm 0,6) \times 10^6$	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^4$	единицы	$(6,3 \pm 0,4) \times 10^2$	6×10^2
6	$(3,5 \pm 0,6) \times 10^5$	$(3,2 \pm 0,3) \times 10^3$		единицы	$1,3 \times 10^2$
7	$(2,2 \pm 0,2) \times 10^7$	$(3,0 \pm 0,2) \times 10^4$		$(1,7 \pm 0,1) \times 10^2$	$2,5 \times 10^4$
8	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^6$	единицы		$(2,1 \pm 0,2) \times 10^5$	6×10^5
9	$(2,8 \pm 0,3) \times 10^7$	$(3,4 \pm 0,2) \times 10^4$		$(3,6 \pm 0,3) \times 10^4$	$2,5 \times 10^6$
10	$(1,5 \pm 0,1) \times 10^5$		единицы	единицы	$2,5 \times 10^2$
11	$(3,7 \pm 0,4) \times 10^5$	единицы	$(2,0 \pm 0,2) \times 10^2$	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^2$	$1,3 \times 10^3$
12	$(8,7 \pm 0,6) \times 10^4$			–	$1,3 \times 10^3$
13	$(2,6 \pm 0,2) \times 10^7$	$(4,3 \pm 0,3) \times 10^4$	единицы	$(1,4 \pm 0,1) \times 10^3$	6×10^3
14	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^7$	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^5$	$(1,4 \pm 0,1) \times 10^3$	$(4,5 \pm 0,3) \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$
15	$(6,3 \pm 0,1) \times 10^5$			$(1,6 \pm 0,1) \times 10^2$	$6,0 \times 10^3$
16	$(7,1 \pm 0,7) \times 10^6$	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^4$	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^2$	$(6,5 \pm 0,1) \times 10^3$	$6,0 \times 10^4$
17	$(2,6 \pm 0,2) \times 10^6$	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^3$		$(2,0 \pm 0,1) \times 10^3$	$2,5 \times 10^2$
18	$(2,4 \pm 0,2) \times 10^7$	единицы	$(2,3 \pm 0,4) \times 10^3$	$(2,8 \pm 0,2) \times 10^5$	$2,5 \times 10^6$
19	$(1,9 \pm 0,1) \times 10^6$	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^3$	единицы	$(2,6 \pm 0,3) \times 10^6$	$6,0 \times 10^3$
20	$(5,6 \pm 0,4) \times 10^5$		единицы	$(1,8 \pm 0,2) \times 10^2$	$2,5 \times 10^4$

Дрожжи встречались реже, но в одном образце на станции «Жибек Жолы» их численность доходила до 250 000 кл/г.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования показали, что в соскобах, отобранных с поврежденных участков железобетонных сооружений метрополитена, присутствовали все физиологические группы гетеротрофных микроорганизмов. Доминирующими были бактерии. Также многочисленны денитрифицирующие микроорганизмы, мицелиальные грибы и актиномицеты. Среди тионовых бактерий отмечено значительное содержание *Thiobacillus denitrificans*. Остальные виды тионовых и сульфатредуцирующих бактерий были малочисленными.

Таким образом, проведенные микробиологические исследования показали, что в Алматинском метрополитене существуют предпосылки для развития коррозионно-опасных микроорганизмов, что может повлечь за собой нарушение целостности железобетонных конструкций при создании благоприятных для их жизнедеятельности условий.

Источник финансирования исследований. Министерство образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рожанская А.Н., Пиляшенко-Новохатный А.И., Пуриш Л.М., Дурчева В.Н., Козлова И.А. Оценка биокоррозионного состояния железобетона наземных промышленных конструкций // Микробиол. журнал. – 2001. – Т. 63, № 3. – С. 71-77.
- [2] Степанова В.Ф., Розенталь Н.К., Цехний Г.В. Повышение долговечности и экологической безопасности зданий и сооружений в условиях воздействия агрессивных, в том числе биологически активных сред // www.gbi-magazine.ru/index.php/n3.../667-2011-09-08-13-18-45.
- [3] Каневская И.Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
- [4] Videla Héctor A., Herrera Liz K. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future // International Microbiology. – 2005. – Vol. 8. – P. 169-180.
- [5] Айткельдиева С.А. Роль микроорганизмов в коррозии металлов // Биотехнология. Теория и практика. – 2002. – № 1. – С. 90-98.

- [6] Жданова Г.В., Ковальчук Ю.Л. Биологическая коррозия конструкционных материалов предприятий атомной энергетики // Коррозия: материалы, защита. – 2009. – № 3. – С. 36-40.
- [7] Stott J.F.D. Corrosion in Microbial Environments // *Shreir's Corrosion*. – 2010. – Vol. 2. – P. 1169-1190.
- [8] Айткельдиева С.А., Абдрашитова С.А. Микробиологическое обследование станций строящегося метро г. Алматы // Известия МН-АН РК. Сер биол. и мед. – 2000. – № 4. – С. 7-11.
- [9] Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов (лабораторное руководство). – Ленинград, 1963. – 130 с.
- [10] Практикум по микробиологии / Под ред. А. Н. Нетрусова. – М.: Academia, 2005. – 597 с.

REFERENCES

- [1] Rozhanskaya A.N., Pilyashenko-Novohatnyj A.I., Purish L.M., Durcheva V.N., Kozlova I.A. *Mikrobiol. Zhurnal*, **2001**, 3, 71-77 (in Russian).
- [2] Stepanova V.F., Rozental' N.K., Cekhniy G.V. // www.gbi-magazine.ru/index.php/n3.../667-2011-09-08-13-18-45 (in Russian).
- [3] Kanevskaya I.G. *Biologicheskoe povrezhdenie promyshlennyh materialov*, Kiev: Naukova dumka, **1989**, 192 (in Russian).
- [4] Videla Héctor A., Herrera Liz K. *International Microbiology*, **2005**, 8, 169-180.
- [5] Ajtkel'dieva S.A. *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika*, **2002**, 1, 90-98. (in Russian).
- [6] Zhdanova G.V., Koval'chuk Yu.L. *Korroziya: materialy, zashchita*, **2009**, 3, 36-40 (in Russian).
- [7] Stott J.F.D. *Shreir's Corrosion*, **2010**, 2, 1169-1190.
- [8] Ajtkel'dieva S.A., Abdrashitova S.A. *Izvestiya MN-AN RK. Ser biol. i med.*, **2000**, 4, 7-11 (in Russian).
- [9] Kuznecov S.I., Romanenko V.I. *Mikrobiologicheskoe izuchenie vnutrennih vodoemov (laboratornoe rukovodstvo)*, **1963**, 130 (in Russian).
- [10] *Praktikum po mikrobiologii /pod red. A.N. Netrusova*, **2005**, 597 (in Russian).

С. А. Айткельдиева, Э. Р. Файзулина, О. Н. Ауэзова, Л. Г. Татаркина, А. М. Нурмуханбетова

РМК «Микробиология және вирусология институты» ҒК БҒМ ҚР, Алматы, Қазақстан

АЛМАТЫ МЕТРОПОЛИТЕНІНІҢ ТЕМІРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРЫНЫҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ

Аннотация. Қазіргі таңда ғимараттар мен құрылыстарды қоршаған ортаның агрессивті химиялық және биологиялық әсерлерінен қорғау тым өзекті мәселесі болып табылады. Микробиологиялық коррозия темірбетонды конструкциялардың сенімділігі мен төзімділігіне әсер ететін маңызды факторлардың бірі болып келеді. Алматы метрополитенінің нысандарында микробиологиялық мониторингті зерттеулерді жүргізу коррозиялық-қауіпті микрофлораны уақытылы анықтауға мүмкіндік береді. Метрополитеннің «Жібек жолы», «Алмалы», «Райымбек батыр» және «Байқоңыр» төрт бекетінің бетонды және темірбетонды конструкцияларының зақымдалған беттерінен алынған қырынды үлгілеріне зерттеу жұмыстары жазғы-күзгі кезеңдерде жүргізілді. Зерттеу жұмыстары көрсеткендей, барлық үлгілердің қышқылдығы бейтарап және сілтілі болған. Метрополитеннің зақымдалған темірбетонды құрылыстарының телімдерінен алынған қырындыларда барлық физиологиялық топтың гетеротрофты микроорганизмдерінің болғандығы анықталды. Бактериялар басым болған. Сонымен қатар, денитрифицирлеуші микроорганизмдер, жіпшумақты саңырауқұлақтар мен актиномицеттер де көп болған. Тионды бактериялардың ішінде *Thiobacillus denitrificans* елеулі мөлшерде байқалған. Қалған тион бактериялардың түрлері мен сульфатредуцирлеуші бактериялар аз мөлшерде болған.

Түйін сөздер: биокоррозия, темірбетонды конструкциялар, коррозиялық-қауіпті микроорганизмдер, тионды және сульфатредуцирлеуші бактериялар, гетеротрофты микроорганизмдер, жіпшумақты саңырауқұлақтар, актиномицеттер.

Сведения об авторах:

Айткельдиева Светлана Айткельдиевна – д.б.н., г.н.с., лаб. экологии микроорганизмов, РГП на ПХВ «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, e-mail: ecomicrolab@gmail.com

Файзулина Эльмира Рамазановна – к.б.н., и.о. зав. лаб. экологии микроорганизмов, e-mail: elmira_f@mail.ru

Ауэзова Ольга Николаевна – н.с., лаб. экологии микроорганизмов, e-mail: ecomicrolab@gmail.com

Татаркина Лариса Геннадьевна – н.с., лаб. экологии микроорганизмов, e-mail: tatalora@mail.ru

Нурмуханбетова Арай Муратовна – м.н.с., лаб. экологии микроорганизмов, e-mail: arai_n_89@mail.ru