

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 1, Number 325 (2018), 121 – 127

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

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

INFLUENCE OF BIOCIDES ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF CORROSIVE-DANGEROUS MICROFLORA

Abstract. The problem of protection of buildings and constructions from aggressive chemical and biological impacts of the environment becomes very urgent now. Microbiological corrosion is the important factor influencing reliability and durability of steel concrete designs. In this connection, the problem of protecting building constructions and structures from aggressive biological influences is of great urgency. The aim of the research was to study the effect of biocides based on copolymers and copper sulfate on the development of corrosive microorganisms. It has been established that copper sulfate possessed the least effective inhibitory effect on thione and sulfate-reducing bacteria (SRB). When it was added, the growth of the investigated bacteria was suppressed at a concentration of 1%. Copolymers with different mole composition were more active. Their effect on the inhibition of thiobacteria and SRB occurred at concentrations of 0.1-0.5%. The most sensitive to their effects were *T. ferrooxidans* and SRB. On heterotrophic bacteria and fungi, the compounds tested had a bactericidal effect only at a concentration of 1%. Copper sulfate was more effective with respect to micromycetes and yeast, while inhibition of their growth occurred at concentrations of 1% and 0.5%, respectively.

Keywords: biocorrosion, corrosive-dangerous microorganisms, thione and sulfate-reducing bacteria, heterotrophic microorganisms, biocides.

УДК 579.846.2

МРНТИ 34.27.39

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

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

ВЛИЯНИЕ БИОЦИДОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КОРРОЗИОННО-ОПАСНОЙ МИКРОФЛОРЫ

Аннотация. Проблема защиты зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды в настоящее время становится весьма актуальной. Микробиологическая коррозия является важным фактором, влияющим на надежность и долговечность железобетонных конструкций. В связи с этим большую актуальность представляет проблема защиты строительных конструкций и сооружений от агрессивных биологических воздействий. Целью исследований было изучение влияния биоцидов на основе сополимеров и медного купороса на развитие коррозионно-опасных микроорганизмов. Установлено, что наименее эффективным ингибирующим действием по отношению к тионовым и сульфатредуцирующим бактериям (СРБ) обладал медный купорос. При его добавлении рост исследуемых бактерий подавлялся при концентрации 1%. Более активное действие проявляли сополимеры с разным мольным составом. Их воздействие по ингибированию тионовых бактерий и СРБ происходило при концентрациях 0,1-0,5%. Самыми чувствительными к их воздействию были *T. ferrooxidans* и СРБ. На гетеротрофные бактерии и мицелиальные грибы исследуемые соединения оказывали бактерицидное действие только при концентрации 1%. Медный

купорос был более эффективен по отношению к микромицетам и дрожжам, при этом ингибирование их роста происходило при концентрациях 1% и 0,5% соответственно.

Ключевые слова: биокоррозия, коррозионно-опасные микроорганизмы, тионовые и сульфатредуцирующие бактерии, гетеротрофные микроорганизмы, биоциды.

Введение. 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 такие микроскопические организмы, как бактерии и микроскопические грибы, для развития и размножения которых при определенных условиях эксплуатации зданий и сооружений создается благоприятная среда [1].

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 [2-5]. Деятельностью микроорганизмов, по мнению ряда авторов, может быть обусловлено от 50 до 80% коррозионных повреждений [6-9].

Микробиологическая коррозия может протекать самостоятельно и сопровождать электрохимическую почвенную, атмосферную, морскую и другие виды коррозии металлов. Действие микроорганизмов на металлы может происходить различно. Прежде всего, коррозию металлов могут вызывать агрессивные метаболиты микроорганизмов: минеральные и органические кислоты и основания, ферменты и другие. Они создают коррозионно-активную среду, в которой в присутствии воды протекает коррозия по обычным законам электрохимии. Колонии микроорганизмов могут создавать на поверхности металлов наросты и пленки мицелия или слизи, под которыми может развиваться язвенная (питтинговая) коррозия [10-13].

Большую актуальность представляет собой проблема защиты строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды. 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 конструкций из металла, бетона и железобетона.

Для защиты железобетонных конструкций от биологической коррозии эффективным и основным способом является обработка поверхности бактерицидными средствами. В их число входят синтетические биоциды, а также вещества, содержащие ионы металлов, которые при проникновении внутрь клетки ингибируют ферменты дыхательной цепи и нарушают процессы окислительного фосфорилирования, в результате чего клетка гибнет. Кроме того, при их воздействии возможно свертывание белков цитоплазмы [14-16].

Цель настоящей работы – изучить влияние биоцидов на основе сополимеров и медного купороса на развитие коррозионно-опасных микроорганизмов.

Материалы и методы. Были изучены бактерицидные свойства медного купороса и сополимеров N,N-диметил- N,N-диаллиламония хлорида (ДМДААХ) с N,N-диметилакриламидом (ДМАА) по отношению к тионовым бактериям и СРБ, а также гетеротрофным микроорганизмам. Сополимеры были синтезированы и предоставлены д.х.н., ассоциированным профессором АО «Казахстанско-Британский технический университет» К.Ж. Абдиевым.

Для культивирования бактерий *Thiobacillus thioeparus* использовали среду Бейеринка, *Thiobacillus thiooxidans* – среду Ваксмана, *Thiobacillus ferrooxidans* – среду 9К, *Thiobacillus denitrificans* – Баалсруда. Сульфатредуцирующие бактерии (СРБ) выращивали на среде Постгейта В [17]. Для изучения влияния биоцидов на развитие этих бактерий их культивировали на соответствующих селективных средах, в которые вносились исследуемые биоциды в различных концентрациях: 0,01-1,0%. Их влияние оценивалось по наличию или отсутствию роста микроорганизмов.

Влияние биоцидов на рост гетеротрофных бактерий, мицелиальных грибов и дрожжей проверяли методом диффузии в агар из лунок на твердых питательных средах (питательный агар, картофельно-декстрозный агар и глюкозо-пептонный агар) при концентрациях 0,01-1%. Об их воздействии судили по зонам подавления роста этих микроорганизмов.

Результаты и обсуждение. Из поврежденных участков железобетонных конструкций были выделены тионовые и сульфатредуцирующие бактерии, а также гетеротрофные микроорганизмы. Были изучены бактерицидные свойства медного купороса и сополимеров N,N-диметил-N,N-диаллиламония хлорида (ДМДААХ) с N,N-диметилакриламидом (ДМАА) по отношению к выделенной микрофлоре. Использовались сополимеры с разным мольным составом:

- 1) ДМДААХ :ДМАА = 95:5 (Б1)
- 2) ДМДААХ :ДМАА = 80:20 (Б2)
- 3) ДМДААХ :ДМАА = 75:25 (Б3).

Результаты исследования показали, что развитие бактерий *Thiobacillusthiooxidans* отмечалось при концентрациях синтетических биоцидов и медного купороса 0,01-0,5%, более высокая концентрация 1% ингибировала рост этих бактерий (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние исследуемых биоцидов на рост бактерий *T. Thiooxidans*

Биоцид	Концентрация биоцидов, %				
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
Б1	+	+	+	+	–
Б2	+	+	+	+	–
Б3	+	+	+	+	–
CuSO ₄	+	+	+	+	–

Примечание. «+» - отмечен рост, «-» - рост отсутствует.

Развитие бактерий *T. ferrooxidans* подавлялось уже при более низких концентрациях исследуемых соединений. Так, под воздействием сополимеров Б1, Б2 и Б3 их рост не наблюдался при концентрации 0,1% (таблица 2). При использовании биоцида Б3 в концентрации 0,05% отмечался слабый рост этих бактерий. Менее эффективным оказался медный купорос, который подавлял их рост при концентрации 1%.

Таблица 2 – Влияние исследуемых биоцидов на рост бактерий *T. Ferrooxidans*

Биоцид	Концентрация биоцидов, %				
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
Б1	+	+	–	–	–
Б2	+	+	–	–	–
Б3	+	+	–	–	–
CuSO ₄	+	+	+	+	–

Примечание. «+» - отмечен рост, «+» - слабый рост, «-» - рост отсутствует.

Для бактерий *T. thioparus* и *T. denitrificans* ингибирование роста происходило при концентрации синтетических соединений 0,5%. CuSO₄ подавлял рост этих бактерий при концентрации 1% (таблица 3, 4).

Таблица 3 – Влияние исследуемых биоцидов на рост бактерий *T. Thioparus*

Биоцид	Концентрация биоцидов, %				
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
Б1	+	+	+	–	–
Б2	+	+	+	–	–
Б3	+	+	+	–	–
CuSO ₄	+	+	+	+	–

Примечание. «+» - отмечен рост, «-» - рост отсутствует.

Таблица 4 – Влияние исследуемых биоцидов на рост бактерий *T. Denitrificans*

Биоцид	Концентрация биоцидов, %				
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
Б1	+	+	+	–	–
Б2	+	+	+	–	–
Б3	+	+	+	–	–
CuSO ₄	+	+	+	+	–

Примечание. «+» - отмечен рост, «-» - рост отсутствует.

СРБ реагировали на добавление сополимеров ДМДААХ и ДМАА, начиная с концентрации 0,1%. Медный купорос ингибировал рост бактерий, начиная с концентрации 0,5% (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние исследуемых биоцидов на рост сульфатредуцирующих бактерий

Биоцид	Концентрация биоцидов, %				
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
Б1	+	+	–	–	–
Б2	+	+	–	–	–
Б3	+	+	–	–	–
CuSO ₄	+	+	+	–	–

Примечание. «+» - отмечен рост, «-» - рост отсутствует.

Изучение влияния биоцидов на гетеротрофную микрофлору показало, что при концентрации 0,01-0,5% они не оказывали ингибирующего воздействия на бактерии и мицелиальные грибы. Их действие на рост микроорганизмов наблюдалось при концентрации 1% (таблица 6, 7).

Таблица 6 – Влияние исследуемых биоцидов на рост гетеротрофных бактерий

Культура	Зоны подавления роста под действием биоцидов, мм			
	Б1	Б2	Б3	CuSO ₄
A2-1	14,7±0,6	14,3±0,6	–	12,7±0,6
A2-2	14,3±0,6	14,7±0,6	–	14,3±0,6
A2-4	15,3±1,5	15,3±0,6	–	15,3±2,1
A2-6	14,0±1,0	15,7±1,2	–	16,0±1,0
A5-1	13,7±0,6	16,0±0,6	11,0±0	14,3±0,6
A5-2	16,0±5,2	17,0±0	11,0±0	7,3±1,2
A5-3	13,7±0,6	17,0±0	11,3±0,6	15,3±0,6
Г2-1	15,0±0	16,3±0,6	12,3±0,6	17,3±0,6
Г2-2	14,7±0,6	16,7±0,6	13,3±1,5	18,0±1,0
Г2-3	7,7±0,6	17,0±1,0	11,3±0,6	16,7±0,6
Г2-6	14,7±0,6	15,7±0,6	–	16,0±1,0
Г2-7	15,3±1,5	14,7±0,6	–	14,0±1,0
Г5-1	13,7±0,6	15,7±0,6	11,0±0	17,7±0,6
Г5-2	13,7±0,6	14,3±0,6	–	13,3±1,2

Примечание. Уровень значимости $p < 0,05$.

Из данных таблицы видно, что под воздействием биоцида Б1 зоны подавления роста бактерий составляли 7,7-16,0 мм. Менее чувствительной к данному соединению была культура Г2-3. Биоцид Б2 также воздействовал на все исследуемые культуры бактерий, зоны просветления при этом

составляли 14,3-17,0 мм. Менее эффективным среди синтетических биоцидов был Б3, при использовании которого зоны подавления роста наблюдались только у семи культур и составляли 11,0-13,3 мм.

На CuSO_4 реагировали все исследуемые бактерии. Самая большая зона просветления отмечена у культуры Г2-2, которая составляла 18 мм. Менее чувствительным к действию медного купороса была культура А5-2 (7,3 мм).

Практически такое же воздействие исследуемые биоциды оказывали на мицелиальные грибы. Из данных таблицы 7 видно, что под воздействием биоцидов Б1 и Б2 зоны подавления роста грибов составляли 14,3-18,3 мм. Наиболее чувствительной к данным соединениям была культура *Penicilliumchrysogenum* 17ГМ. Рост этой же культуры подавлял и биоцид Б3, тогда как на другие культуры мицелиальных грибов он не оказывал угнетающего действия. Устойчивой к влиянию сополимеров была культура *Aspergillus* sp. 1ГМ.

Таблица 7 – Влияние исследуемых биоцидов на рост мицелиальных грибов

Культура	Зоны подавления роста под действием биоцидов, мм			
	Б1	Б2	Б3	CuSO_4
1ГМ	–	–	–	21,3±1,2
2ГМ	14,3±0,6	15,7±2,1	–	22,7±0,6
8ГМ	15,0±0,1	15,3±2,5	–	15,0±1,7
10ГМ	14,6±2,1	14,7±1,2	–	16,3±1,5
11ГМ	14,3±0,6	16,1±1,5	–	14,5±0,6
14ГМ	15,7±2,1	16,4±0,6	–	27,0±1,7
17ГМ	18,3±2,5	17,6±1,2	8,3±1,5	26,7±2,9

Примечание. Уровень значимости $p < 0,05$.

1% раствор медного купороса подавлял рост всех исследуемых микромицетов. Самые большие зоны просветления отмечены у культур 14ГМ и 17ГМ, которые составляли 27 мм и 26,7 мм соответственно. Менее чувствительными к действию медного купороса были культуры 11ГМ, 8ГМ и 10ГМ.

Дрожжи были более чувствительными к действию исследуемых соединений. Так, биоциды Б1 и Б2 оказывали на них угнетающее воздействие уже при концентрации 0,1% (таблица 8). С возрастанием концентрации зоны просветления на твердых питательных средах увеличивались. Более устойчивой была культура *Exophialasp.* 6гА. Соплимер Б3 не подавлял развитие исследуемых дрожжевых культур.

Таблица 8 – Влияние исследуемых биоцидов на рост дрожжей

Биоцид	Концентрация, %	Зоны подавления роста, мм		
		1гА	5гА	6гА
Б1	0,1	11,3±0,6	10,7±0,6	–
	0,5	15,3±1,5	15,7±1,2	11,7±1,5
	1,0	16,0±0	16,0±1,0	13,3±0,6
Б2	0,1	13,3±0,6	11,7±0,6	10,7±1,2
	0,5	15,3±0,6	12,3±2,1	11,0±1,0
	1,0	16,7±0,6	17,3±2,1	14,0±3,5
Б3	0,1	–	–	–
	0,5	–	–	–
	1,0	–	–	–
CuSO_4	0,1	–	–	–
	0,5	8,3±1,2	10,7±2,5	–
	1,0	31,7±1,5	23,0±2,6	19,7±1,5

Примечание. Уровень значимости $p < 0,05$.

Медный купорос начинал оказывать влияние на рост дрожжей 1gA и 5gA при концентрации 0,5%. Увеличение концентрации до 1% привело к значительному увеличению зон просветления. Более чувствительным оказался штамм *Erythrobasidium cladesp.* 1gA.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования показали, что наименее эффективными бактерицидными свойствами по отношению к тионовым и сульфатредуцирующим бактериям обладал медный купорос. При его добавлении рост исследуемых бактерий подавлялся при концентрации 1%, и только для СРБ развитие не наблюдалось при более низкой концентрации 0,5%. Более активное действие проявляли сополимеры N,N-диметил- N,N-диаллиламония хлорида (ДМДААХ) и N,N-диметилакриламидом (ДМАА) с разным мольным составом. Их воздействие по ингибированию тионовых и сульфатредуцирующих бактерий происходило при концентрациях 0,1-0,5%. Самыми чувствительными к их воздействию были *T. ferrooxidans* и СРБ.

На гетеротрофные бактерии и мицелиальные грибы исследуемые соединения оказывали бактерицидное действие только при концентрации 1%. Бициды Б1 и Б2 обладали примерно одинаковой активностью, тогда как сополимер Б3 подавлял рост только 7 бактериальных культур и 1 грибной культуры. Развитие дрожжей сополимеры Б1 и Б2 ингибировали, начиная с концентрации 0,1%. Бицид Б3 не оказывал подавляющего воздействия на все дрожжи. Медный купорос был более эффективен по отношению к микромицетам и дрожжам, при этом ингибирование их роста происходило при концентрациях 1% и 0,5% соответственно.

Источник финансирования исследований. Министерство образования и науки Республики Казахстан

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Videla Héctor A., Herrera Liz K. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future // International Microbiology. – 2005. – Vol. 8, N 3. – P. 169-180.
- [2] Айткельдиева С.А. Роль микроорганизмов в коррозии металлов // Биотехнология. Теория и практика. – 2002. – № 1. – С. 90-98.
- [3] Жданова Г.В., Ковальчук Ю.Л. Биологическая коррозия конструкционных материалов предприятий атомной энергетики // Коррозия: материалы, защита. – 2009. – № 3. – С. 36-40.
- [4] Stott J.F.D. Corrosion in Microbial Environments // Shreir's Corrosion. – 2010. – Vol. 2. – P. 1169-1190. – DOI: 10.1016/B978-044452787-5.00048-2
- [5] Yu-Jie Chang, Yi-Tang Chang, Chun-Hsiung Hung, Jyh-Wei Lee, Hua-Mao Liao, Hsi-Ling Chou Microbial community analysis of anaerobic bio-corrosion in different ORP profiles // International Biodeterioration & Biodegradation. – 2014. – Vol. 95, part A. – P. 93-101. – DOI: 10.1016/j.ibiod.2014.04.008
- [6] Менча М.Н., Биообращение систем питьевого водоснабжения. – <http://voda.na.by/index.files/14.htm>
- [7] Бажанова М.Е., Ерофеев В.Т., Бобрышев А.Н. Исследование стойкости полимерных и металлополимерных трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5(2). – С. 415-421.
- [8] Бажанова М.Е., Ерофеев В.Т. Стойкость трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 1. – С. 31-33.
- [9] Костицына И.В., Паршуков В.П., Бирюков А.И., Тюрин А.Г. Оценка стойкости углеродистых и низколегированных сталей к бактериальной коррозии // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Химия. – 2011. – № 12(229). – С. 54-57.
- [10] Beech I.B., Gaylarde Ch.C. Recent advances in the study of biocorrosion – an overview // Rev. Microbiol. – 1999. – Vol.30, № 3. – P. 177-190. DOI: 10.1590/S0001-37141999000300001
- [11] Ashassi-Sorkhabi H., Moradi-Haghighi M., Zarrini G., Javaherdashti R. Corrosion behavior of carbon steel in the presence of two novel iron-oxidizing bacteria isolated from sewage treatment plants // Biodegradation. – 2012. – Vol. 23. – P. 69-79. – DOI: 10.1007/s10532-011-9487-8
- [12] Moreno D. A., Ibars J. R., Polo J. L., Bastidas J. M. EIS monitoring study of the early microbiologically influenced corrosion of AISI 304L stainless steel condenser tubes in freshwater // J. Solid State Electrochem. – 2014. – Vol. 18. – P. 377-388. – DOI 10.1007/s10008-014-2390-6
- [13] Кушнарченко В.М., Чирков Ю.А., Репях В.С., Ставищенко В.Г. Биокоррозия стальных конструкций // Вестник ОГУ. – 2012. – № 6. – С. 160-164.

[14] Пантелеева А.Р., Андреева Ю.В., Егорова С.В., Типанкина И.В., Мухаметзянов Р.М., Самышкина Л.В. Решение проблем бактериальной зараженности промышленного оборудования и нефтяных пластов с использованием ингибитора коррозии – бактерицида СНПХ-1004Р // Практика противокоррозионной защиты. – 2008. – № 3. – С. 40-43.

[15] Колесникова Н.Н., Луканина Ю.К., Хватов А.В., Лихачев А.Н., Попов А.А., Заиков Г.Е., Абзальдинов Х.С. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от нее // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 1. – С. 170-174.

[16] Металлы и металлоконструкции <http://biocides.ru/page783242>

[17] Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов (лабораторное руководство). – Ленинград: Изд-во АН СССР, 1963. – 130 с.

**С. А. Айткельдиева, Э. Р. Файзулина, Л. Г. Татаркина, О. Н. Ауэзова,
А. М. Нурмуханбетова, К. Ж. Абдиев, А. К. Саданов**

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

КОРРОЗИЯЛЫҚ-ҚАУІПТІ МИКРОФЛОРАНЫҢ ӨСП-ӨНУІ МЕН ДАМУЫНА БИОЦИДТЕРДІҢ ӘСЕРІ

Аннотация. Қазіргі таңда ғимараттар мен құрылыстарды қоршаған ортаның агрессивті химиялық және биологиялық әсерінен қорғау мәселесі өте өзекті болып келеді. Микробиологиялық коррозия темірбетон конструкцияларының сенімділігі мен ұзақ мерзімділігіне ықпал ететін маңызды фактор болып табылады. Осыған байланысты, құрылыстар конструкциясы мен ғимараттарды агрессивті биологиялық әсерден қорғау мәселесі өте өзекті. Зерттеудің мақсаты коррозиялық-қауіпті микроорганизмдердің дамуына сополимерлер мен мыс сульфаттарының негізіндегі биоцидтердің әсерін зерттеу болып табылады. Мыс сульфаты тионды және сульфатредуцирлеуші бактерияларды (СРБ) азайтуға қарсы ең аз тиімді ингибиторлық әрекетке ие екендігі анықталды. 1% концентрация қосылған кезде зерттелген бактериялардың өсуі баяулады. Әртүрлі молярлық құрамды сополимерлер анағұрлым белсенділік көрсетті. Олардың СРБ және тионды бактерияларды баяулату әсері 0,1-0,5% концентрациясында орын алды. Олардың әсеріне ең сезімтал *T. ferrooxidans* және СРБ болды. Гетеротрофты бактериялар мен жіпшумақты саңырауқұлақтарда сыналған қосылыстар тек 1% концентрацияда бактерицидтік әсерге ие болды. Мыс сульфаты микромицеттер мен ашытқыларға қатысты тиімді болғанымен, олардың өсуінің баяулауы тиісінше 1% және 0,5% концентрация кезінде байқалды.

Түйін сөздер: биокоррозия, коррозиялық-қауіпті микроорганизмдер, тионды және сульфатредуцирлеуші бактериялар, гетеротрофты микроорганизмдер, биоцидтер.