

Laboratoriya şəraitində MARZA-1 reagentinin bakterisid xassəsinin tədqiqi

H.R. Qurbanov,
M.B. Adıgözəlova,
S.F. Əhmədov,
S.M. Paşayeva

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: hidrogen sulfid, sulfat reduksiyaedici bakteriyalar, inhibitor, bakterisidlər, mikroorqanizmlər, biokorroziya, desulfovibriodesulfuricans, desulfomicrobium, Postgate-B.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-2-33-38

e-mail: ebikib@mail.ru

Исследование бактерицидных свойств реагента MARZA-1 в лабораторных условиях

Г.Р. Гурбанов, М.Б. Адыгезалова, С.Ф. Ахмедов, С.М. Пашаева
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: сероводород, сульфатредуцирующие бактерии, ингибиторы, бактерициды, микроорганизмы, биокоррозия, десульфовибриодесульфуриканы, десульфомикробий, Postgate-B.

Бактерицидные свойства ингибитора MARZA-1 были изучены в отношении десульфовибриодесульфуриканов и десульфомикробных сульфатредуцирующих бактерий. По результатам экспериментов оценивали влияние ингибитора MARZA-1 на количество сульфатредуцирующих бактериальных клеток и образование биогенного сероводорода в питательной среде Postgate-B. Реагент MARZA-1 показал высокий бактерицидный эффект в отношении десульфовибриодесульфуриканов и сульфатредуцирующих бактерий десульфомикробного типа.

Сравнение результатов экспериментов с обеими бактериями показывает, что скорость разрушения клеток SRB в среде, содержащей бактерии desulfovibriodesulfuricans, при концентрации реагента 7 мг/л на пятые-седьмые сутки, в бактериях desulfomicrobium наблюдается при концентрации реагента MARZA-1 10 мг/л реагента на седьмой день.

Study of bactericide properties of MARZA-1 agent in laboratory conditions

H.R. Gurbanov, M.B. Adygozelova, S.F. Ahmadov, S.M. Pashayeva
Azerbaijan State University of Oil and Industry

Keywords: hydrogen-sulfide, sulfate-reducing bacteria, inhibitors, bactericides, microorganisms, biocorrosion, desulfovibrio-desulfuricans, desulfo-microbium, Postgate-B.

Bactericide properties of MARZA-1 inhibitor were studied with regard to desulfovibrio-desulfuricans and desulfo-microbium sulfate-reducing bacteria. According to the results of experiments, the effect of MARZA-1 inhibitor on the quantity of sulfate-reducing bacteria cells and formation of biogenic hydrogen-sulfide in Postgate-B nutritional medium has been estimated. MARZA-1 agent showed high bactericide effect towards desulfovibrio-desulfuricans and sulfate-reducing bacteria of desulfo-microbium type.

The comparison of results with both bacteria justified that the rate of SRB cell disruption in the medium with desulfovibrio-desulfurican bacteria in the concentration of 7 mg/l on the fifth-seventh days, and in desulfo-microbium bacteria is observed with 10 mg/l concentration of MARZA-1 agent on the seventh day.

Metalldən ətraf mühitlə kimyəvi və ya elektrokimyəvi qarşılıqlı təsir nəticəsində dağılması neft sənayesində istismar olunan polad tərkibli qurğu və avadanlıqların istismar müddətinin vaxtından əvvəl başa çatmasını səbəb olan başlıca faktorlardan biridir [1–4].

Hər il korroziya səbəbindən dünya sənaye sahələri yüz min tonlarla metal itirir. Müxtəssislərin fikrincə, korroziya prosesi inkişaf etmiş ölkələrin iqtisadiyyatına ümumi milli məhsulun dəyərini 3–3.5 %-ni təşkil edən məbləğdə ziyan vurur və metal itkiləri 20 %-ə çatır [5].

Bir çox təbii və sənaye mühitlərində metalların korroziyası nəticəsində dəymiş zərərini bəzi əhəmiyyətli hissəsi məhz bioloji korroziyaya bəttir. Biokimyəvi korroziyanın təhlükəsi, bakteriyaların sürətlə çoxalması və ətraf mühitin fiziki, kimyəvi və bioloji şəraitlərində dəyişikliklərə əsaslanaraq baş verən korrozionun sürətli inkişafı ilə əlaqədar olaraq, korroziya prosesini müəyyən dərəcədə azaltmaq üçün müxtəlif qoruyucu maddələrin tətbiqi geniş istifadə olunmaqdadır.

SRB-lərin aktiv olaraq çoxalması korroziya sürətini kəskin artırırsa (toxمینən 24 dəfə), dərindən zərərli maddələrin sürətli aktivliyinin, yəni lokal korroziya sürətini artırmasına səbəb olur [9].

Mikrobioloji korroziya ölkə iqtisadiyyatına çox böyük ziyan vurur. Aparılan müşahidələrə görə, neft-mədən avadanlığının korrozivaya uğraması əsasən mikrobioloji amilin təsiri ilə əlaqədardır və problem bu günə qədər də aktualdır [10].

Korroziya materialının bu növ korroziyadan qorunması qarşı effektiv mübarizə üsullarından biri universal xassəli kimyəvi reagentlərdən istifadədir.

Kimyəvi reagentlərin universallığı, onların ümumi korroziya sürətini və materialların lokal zədələnmə səviyyəsini azaltmaqla yanaşı, onların SRB-lərə münasibətdə təsirli bakterisidlər olması ilə xarakterizə olunur. Belə reagentlərin kiçik qatılıqları yalnız metal avadanlığının korrozionuna qarşı deyil, həm də hidrogen kövrəkliyinə qarşı mübarizə aparmağa imkan verir [11].

Neft və neft məhsullarının saxlanması şəraitində SRB-lərin olması daha da təhlükəlidir. Çünki yanacaqda düşən və sonradan çənin dibinə çökən su, bu orqanizim qrupunun inkişaf etməsi üçün əlverişli mühitdir. Qidalandırıcı mühit olduqda isə dərhal bakteriyaların sürətli inkişafı başlayır və bu, yalnız korroziya mühitinin aqressivliyinin əhəmiyyətli dərəcədə artmasına deyil, həm də neft və neft məhsullarının keyfiyyətinin pisləşməsinə gətirib çıxarır. SRB-lərin fəaliyyəti nəticəsində poladın hidrogenləşməsinə nəzərən qarşıya çıxan korroziya problemini ağırlaşdırır və

bakteriyaların mənfəi təsirləri ilə mübarizəni ləğv edir [12].

Mikroorqanizmlərin mövcudluğunda kənd təsəvvüatından istifadənin qeyri-efektivliyi, SRB-lərin səbəb olduğu korroziya ilə mübarizənin yeganə effektiv üsulu, təhlükəli mikroorqanizim qrupunun fəaliyyətinin tamamilə qarşısını alan və ya onu əhəmiyyətli dərəcədə azaldacaq bələcək kimyəvi reagentlərin istifadəsi olmalıdır [13].

İşin məqsədi – MARZA-1 reagentinin SRB-lərə qarşı bakterisid təsirinə effektivliyinin tədqiqidir.

Tədqiqatın metodikası

SRB-lərin inkişafı və yetişməsi üçün Postgeyt-B qidalandırıcı mühitindən istifadə olunmuşdur. Bakteriyalar MBI-6 mikroskopunda tədqiq edilmişdir. Canlı toxumaların miqdarını təyin etmək üçün məhdud dərəcəyə qədər istifadə edilmişdir. SRB-nin inkişafı üçün daha münasib sayılan bu cür qidalı mühitdə onlar intensiv çoxalma qabiliyyətinə malikdir (cədvəl) [13]. Qidalandırıcı mühitin tərkibi üçün tələb olunan reagentlər bir litr su üçün hesablanır və mühitin pH-ı 7–7.5 intervalında olmalıdır. Mühitin pH-ı universal indikator kağızı ilə yoxlanılır. Həmçinin SRB-lərin Postgeyt-B qida mühitində inkişafı xüsusi əlavələr daxil etməklə optimallaşdırılır. Təcürbə üçün Cr 3 markalı polad nümunələr götürülmüşdür. Tədqiqatlar statik (sakit) şəraitdə yerinə yetirilmişdir. Bütün korroziya tədqiqatları SRB-nin optimal inkişaf fəaliyyətini təmin etmək üçün termostat şəraitində aparılmışdır.

Laboratoriya şəraitində MARZA-1 reagentinin bakterisid xassələrini müəyyən etmək üçün təcürbə zamanı "Desulfomikrobium" və "Desulfovibriodesulfuricans" növlərindən olan ştammdan istifadə edilmişdir. Təcürbə üçün istifadə olunan SRB-lər "Bibiheybətneft" NQÇ-1-nin 1082 №-li quyusunun lay sularından götürülmüşdür.

Təcürbədə istifadə edilmiş avadanlıqlar; quruducu şkaflar, mikroskop MBI-1, MBR-1, avtoklav AQ-1, AV-1, sterilizator, termostat, 1–2 ml-lik tibbi şpris, 0.1, 0.5 və 1 l-lik kolbalar, rezin txaclar, sınaq, penisillin, ötürücü və aşya şüşələr.

SRB-lərin iştirakı ilə tədqiqat zamanı korroziya mühiti, qablar və digər əşyalar avtoklav şə-

raitində sterilizasiya olunmalıdır. Bu yolla tədqiq edilən mühitdə yad bakteriyaların müxtəlif çeşəklə inkişafının qarşısı alınır.

MARZA-1 reagentinin bakterisid xassələrini təyin etmək üçün metodikaya uyğun qabaqcadan sterilizasiya edilmiş sınaq şüşələrindən istifadə edilmişdir [14].

Reagentin bakterisid xassələri əsasən yeddici gün müddətində müşahidə edilə bilər və sonda hidrogen sulfid Postgeyt-B mühitində əmələ gəlmə qatılığını hesablanması əsasında tədqiq edilmişdir. Mühitdə hidrogen sulfid əmələ gəlməsi yodometrik titrləmə üsulu ilə müəyyən edilmişdir. Gündəlik olaraq həm biogen hidrogen sulfid qatılığını, həm də mikroorqanizim hüceyrələrinin sayı təyin edilmişdir.

Qidalandırıcı Postgeyt-B mühitini sterilizasiya etmək və onda həll olmuş molekulyar oksigeni kənar etmək üçün quyaynaya qədər qızdırılmış, sonra isə 35 °C-yə kimi sürətlə soyulmuşdur.

Reagentin əvvəlcədən miqdarı hesablanmış məhlulları (3.0–10 mq/l) Postgeyt-B məhlulu ilə birlikdə sterilizasiya olunmuş sınaq şüşələrinə əlavə edilərək 30–35 °C temperatur rejimində yeddici gün termostatda saxlanılır. Təcürbə zamanı yodometrik titrləmə üsulu ilə hidrogen sulfid əmələ gəlməsini təyin etməkdən əvvəl vizual olaraq da qidalandırıcı mühitdə SRB-lərin inkişafını şüşələrin dibində tünd rəngli çöküntünün yaranmasına görə təyin etmək olur.

SRB-lər koloniya formasında əsasən qara rəngdə olur ki, bu da onların həyat fəaliyyəti nəticəsində sintez etdikləri biogen hidrogen sulfidə görədir. Tədqiqat üçün götürülmüş reagent bakterisid effekt verən zaman SRB-lərin metabolizminin dəyişməsi səbəbindən sınaq şüşələrinin dibində ağ rəngli çöküntü yaranır.

1 ml ilkin suspenziyada SRB hüceyrələrinin sayı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$M = \frac{1000an}{hs}$$

burada M – 1 ml suspenziyada hüceyrələrin sayı; kvadrat setkada hüceyrələrin orta sayı; h – kameranın dərinliyi, mm; S – kvadrat setkann sahəsi, mm²; n – suspenziyanın dərəcəsi.

$$1000 \text{ mm}^3 = 1 \text{ ml}$$

Inhibitorun iştirakı ilə SRB hüceyrələrinin inkişaf əmsalı aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$N = \frac{100(n_0 - n_{inh})}{n_0}$$

burada n_0 , n_{inh} – inhibitoruz və inhibitor mühitində mikroorqanizmlərin sayıdır.

Hidrogen sulfid miqdarına görə inhibitorun bakterisid effekti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$S = \frac{C_0 - C_{inh}}{C_{inh}} \cdot 100,$$

burada C_0 , C_{inh} – inhibitoruz və inhibitor mühitində biogen hidrogen sulfid qatılığdır.

Hidrogen sulfid qatılığının dəyişmə əmsalı aşağıdakı riyazi ifadə ilə tapılır:

$$\gamma_c = \frac{C(H_2S)_0}{C(H_2S)_{inh}}$$

burada $C(H_2S)_0$, $C(H_2S)_{inh}$ – inhibitoruz və inhibitor mühitində hidrogen sulfid qatılığdır.

Laboratoriya tədqiqatlarında bakterisid kimi MARZA-1 reagenti tədqiq edilmişdir.

Kimyəvi reagentin doqquz kimyəvi tərkibi istehsalçı tərəfindən açıqlanır, buna görə təcrübə zamanı yalnız şərti addan istifadə edilir.

MARZA-1 – molekulyar tərkibinə karbon, hidrogen, hallogen və s. atomları daxil olan üzvi birləşmədir. MARZA-1 molekulyar üçqat kovalent rabitəyə malikdir [15].

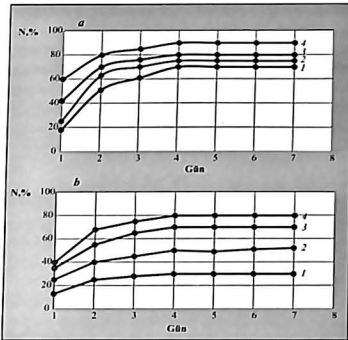
MARZA-1 reagentinin SRB-lərə qarşı bakterisid xüsusiyyətləri Postgeyt-B qidalandırıcı mühitində tədqiq edilmiş və nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Tədqiqat üçün iki növ SRB-dən desulfovibriodesulfuricans və desulfomicrobiumdan istifadə edilmişdir.

MARZA-1 inhibitorunun bakterisid xüsusiyyətlərinin tədqiqi, Postgeyt-B qidalandırıcı mühitindəki SRB-lərin sayının artmasına güclü təsir etmişdir. Qidalandırıcı mühit bakteriyaların inkişafı və həyat fəaliyyəti üçün çox əlverişli olsa da, MARZA-1 inhibitoru daxil edildikdən və onun qatılığını Postgeyt-B mühitindəki artmasından sonra hər iki növ SRB-lərin sayı azalır (şəkil 1, a, b).

Şəkil 1, a-dan görüldüyü kimi MARZA-1 inhibitorunun qatılığının 3-dən 10 mq/l-ə kimi artması ilk gündə desulfovibriodesulfuricans bakteriyası hüceyrələrinin məhvəmə əmsalı 18-dən 60 %-ə kimi artır. Lakin desulfomicrobium bakteriyalarında bu əmsal 40 %-i aşmır (şəkil 1, b).

Postgeyt-B mühitində aparılan təcrübənin üçüncü gündə inhibitorun qatılığının 10 mq/l-də SRB-lərin hüceyrə sayının məhvəmə əmsalı 90 %-ə çatır və bu əmsal SRB həyat fəaliyyəti dövrünün bitdiyi yeddinci günə kimi dəyişməz qalır.

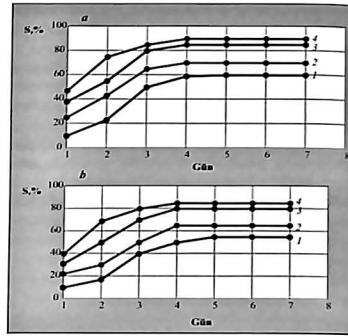


Şəkil 1. MARZA-1 reagentinin Postgeyt-B mühitində desulfivibriodesulfuricans (a) və desulfomicrobium (b) bakteriya hüceyrələrinin N sayının azalma əmsalına təsiri:
1 – 3; 2 – 5; 3 – 7; 4 – 10

İkinci halda MARZA-1 reagentinin eyni qatılığında təcrübənin üçüncü günündə SRB hüceyrələrinin sayının məhəvətə əmsalı 75 %-ə çatır və altıncı, yeddinci gündə isə bu əmsal 80 %-ə qədər artır (şəkil 1, b). Hər iki bakteriyamın iştirakı ilə aparılan təcrübələrin nəticələrinin müqayisəsindən məlum olur ki, desulfivibriodesulfuricans bakteriyalar olan mühitdə reagentin qatılığının 7 mq/l-də beşinci-yeddinci günlərdə SRB hüceyrələrinin sayının məhəvətə əmsalının qiyməti, desulfomicrobium bakteriyalarında MARZA-1 reagentinin 10 mq/l-də və prosesində yeddinci gündə müşahidə olunur.

Beləliklə, tədqiq edilən MARZA-1 reagenti ilk üç gündə desulfomicrobium bakteriyaları ilə müqayisədə desulfivibriodesulfuricans bakteriyalarının hüceyrə sayını daha effektiv məhv edir.

Desulfivibriodesulfuricans SRB istehsal etdiyi hidrogen-sulfidın məhəvətə dərəcəsi (S), 4–7 günlərdə MARZA-1 reagentinin 7 və 10 mq/l qatılığında uyğun olaraq 85–90 % təşkil edir (şəkil 2, a). Desulfomicrobium bakteriyalarında S-in qiyməti reagentin 7 və 10 mq/l qatılığında dördüncü gündən başlayaraq yeddinci günə kimi müvafiq olaraq 80–85 % təşkil etməklə sabit qalır (şəkil 2, b). Lakin üçüncü gündə MARZA-1 reagentinin eyni qatılığında desulfivibriodesulfuricans bakteriyaları olan mühitdə S = 85 % olduğu halda, desulfomicrobium mühitində isə S = 80 % təşkil edir.



Şəkil 2. MARZA-1 reagentinin Postgeyt-B mühitində desulfivibriodesulfuricans (a) və desulfomicrobium (b) bakteriya hüceyrələrinin məhəvətə əmsalına təsiri:
1 – 3; 2 – 5; 3 – 7; 4 – 10

MARZA-1 reagenti təcrübənin üçüncü günündə hidrogen-sulfidın biosintezini effektiv şəkildə dayandırır. Lakin bakteriyaların həyat fəaliyyətinin sonuna doğru S-in qiyməti ikinci ilə müqayisədə nisbətən aşağı olur.

Beləliklə, SRB-lərin iştirakı ilə Postgeyt-B qidalandırıcı mühitdə biogen hidrogen-sulfidın miqdarını kəskin azaldır, lakin sulfatın reduksiya prosesini tamamilə dayandırmır. Aydındır ki, MARZA-1 reagenti qidalandırıcı mühitdə SRB-lərin çoxalmasına mane olur, lakin onların həyat fəaliyyəti prosesini tamamilə dayandıra bilmir.

Nəticə

1. İlk dəfə MARZA-1 reagentinin iki növ desulfivibriodesulfuricans və desulfomicrobium mikroorqanizmlərinə qarşı bakterisid xassəsi laboratoriya şəraitində Postgeyt-B qidalandırıcı mühitində tədqiq edilmişdir.

2. MARZA-1 reagentinin bakterisid xassəsinin tədqiqi zamanı məlum olmuşdur ki, o, bakteriyaların inkişafı və həyat fəaliyyəti üçün ən əlverişli şərait olan Postgeyt-B qidalı mühitdə SRB-lərin sayının artmasını effektiv şəkildə dayandırır. Belə ki, MARZA-1 reagentinin tətbiqindən sonra hər iki növ SRB-lərin sayı kəskin azalır.

3. Postgeyt-B mühitində aparılan təcrübənin

üçüncü günündə inhibitorun qatılığının 10 mq/l-də, desulfivibriodesulfuricans bakteriyalarının hüceyrə sayının məhəvətə əmsalı 90 %-ə çatır və bu əmsal qalan günlərdə, daha doğrusu SRB həyat fəaliyyəti dövrünün bitdiyi yeddinci günə kimi dəyişməz qalır. MARZA-1 reagentinin eyni qatılığında təcrübənin üçüncü günündə desulfomicrobium bakteriyaların hüceyrələrinin sayının məhəvətə əmsalı 75 %-ə çatır və altıncı, yeddinci gündə isə bu əmsal 80 %-ə qədər artır.

4. Hər iki bakteriyamın iştirakı ilə aparılan təcrübələrin nəticələrinin müqayisəsindən məlum olur ki, desulfivibriodesulfuricans bakteriyalar olan mühitdə reagentin qatılığının 7 mq/l-də beşinci-yeddinci günlərdə SRB hüceyrələrinin sayının məhəvətə əmsalının qiyməti, desulfomicrobium bakteriyalarında MARZA-1 reagentinin 10 mq/l-də və prosesində yeddinci gündə müşahidə olunur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Семенова И.В., Флорьянович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: Физматлит, 2002, с. 335.
2. Виздорович В.И., Шаль Н.В., Крылова А.Г. Особенности атмосферной коррозии металлов металлов Вестник Тамбовского университета. Сер.: естественные и технические науки, 2001, т. 6, № 3, с. 279–289.
3. Семенов С.А., Гумаргалеева К.З., Зайков Г.Е. Характеристики процессов и особенности повреждения материалов техники микроорганизмами в условиях эксплуатации // Вестник МИТХТ им. М.В.Ломоносова, 2008, т. 3, № 2, с. 1–21.
4. Азехова Т.А., Александрова А.В., Загустина Н.А., Новожилова Т.Ю., Романов С.Ю. Микробиологические грибы на российском сегменте международной космической станции // Микробиология и фитопатология, 2009, т. 43, № 5, с. 377.
5. Герасименко А.А., Матюша Г.В., Андрущенко Т.А. Микробная коррозия и защита от нее // Коррозия: материалы и защита, 2003, № 1, с. 37–41.
6. Гоник А.А. Динамика и предупреждение нарастания коррозионности сульфатсодержащей пластовой жидкости в ходе разработки нефтяных месторождений // Защита металлов, 1998, т. 34, № 6, с. 656–660.
7. Гордиенко Н.Н. Влияние физико-химических факторов на биокоррозию стали в присутствии накопительной культуры сульфатовостанавливающих бактерий: дис. канд. техн. наук. – М.: АТН им. И.М.Губкина, 1994, 128 с.
8. Morris W., Foster Rase. Ethnicity and Genomics Social Classifications as Proxies of Biological Heterogeneity Genome Res / W.Morris and R.Richard // Microbiol, 2002, v. 12, pp. 844–850.
9. Martens C.S. Bemer Methane production in the interstitial waters of sulfatedepleted marine sediments / C.S.Martens and R.A.Berner // Scienc, 1974, v. 185, pp. 167–169.
10. Липович Р.Н., Низамов К.Р., Асфандияров Ф.С., Гоник А.А., Гетманский М.Д. Методы борьбы с образованием сероводорода в нефтяных пластах и микробиологической коррозии // Методы определения биостойкости материалов. – М.: ВНИИСТ, 1979, с. 60.
11. Дубинская Е.В., Виздорович В.И., Цыганкович Л.Е. Ингибиторная защита стали в сероводородных средах // Вестник ТГУ, т. 18, вып. 5, 2013, с. 2814–2822.
12. Литвищенко С.Н. Защита нефтепродуктов от действия микроорганизмов. – М.: Химия, 1977, 143 с.
13. Postgate J.R. The sulphate reducing bacteria/ Postgate L.R. – 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1984–9/1208.
14. Цыганкова Л.Е. Бактерицидное действие ингибитора коррозии ИНКОРГАЗ-ИТД по отношению к сульфатредуцирующим бактериям // Вестник Тамбовского университета. Сер.: естественные и технические науки, 2012, т. 17, № 4, с. 1138–1142.
15. Гурбанов Г.Р., Адыгезалова М.Б., Паисаева С.М. Исследование универсального комбинированного ингибитора для нефтегазовой промышленности // Известия вузов. Химия и химическая технология, 2020, в. 63, № 10, с. 78–89.

References

1. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. Korroziya i zashchita ot korrozii. – M.: Fizmatlit, 2002, s. 335.
2. Vlgdorovich V.I., Shal' N.V., Krylova A.G. Osobennosti atmosfery korrozii metallov // Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser.: yestesvennye i tekhnicheskie nauki, 2001, t. 6, No 3, s. 279-289.
3. Semenov S.A., Gumargaliev K.Z., Zaikov G.E. Kharakteristiki protsessov i osobennosti povrezhdeniya materialov tekhniki mikroorganizmami v usloviyakh ekspluatatsii / Vestnik MITKHT im. M.V. Lomonosova, 2008, t. 3, No 2, s. 1-21.
4. Alekhova T.A., Aleksandrova A.V., Zagustina N.A., Novozhilova T.Yu., Romanov S.Yu. Mikroskopicheskie griby na rossyskom segmente mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii // Mikologiya i fitopatologiya, 2009, t. 43, No 5, s. 377.
5. Gerasimenko A.A., Matyusha G.V., Andryushenko T.A. Mikrobnaya korroziya i zashchita ot nee // Korroziya: materialy i zashchita, 2003, No 1, s. 37-41.
6. Gonik A.A. Dinamika i preduprezhdenie narastaniya korrozivnosti sulphatosoderzhashchey plastovoy zhidkosti v khode razrabotki neflyanykh mestorozhdeniy // Zashchita metallov, 1998, t. 34, No 6, s. 656-600.
7. Goridenko N.N. Vliyaniye fiziko-khimicheskikh faktorov na biokorroziyu stali v prisutstvii nakopiteley kul'tury sulphatvosstanavliyayushchikh bakteriy: dis. kand. tekhn. nauk. – M.: ATI im. I.M. Gubkina, 1994, 128 s.
8. Morris W., Foster Rase. Ethnicity and Genomics Social Classifications as Proxies of Biological Heterogeneity Genome Res / W.Morris and R.Richard // Microbiol, 2002, v. 12, pp. 844-850.
9. Martens C.S. Berner Methane production in the interstitial waters of sulfate-depleted marine sediments / C.S.Martens and R.A.Berner // Science, 1974, v. 185, pp. 167-169.
10. Lipovich R.N., Nizamov K.R., Asfandiyarov F.S., Gonik A.A., Getmanskii M.D. Metody bor'by s obrazovaniem serovodoroda v neflyanykh plastakh i mikrobiologicheskoy korrozii // Metody opredeleniya biostoykosti materialov. – M.: VNIIST, 1979, s. 60.
11. Dubinskaya E.V., Vlgdorovich V.I., Tsygankovich L.E. Ingibitornaya zashchita stali v serovodorodnykh sredakh // Vestnik TGU, t.18, vyp. 5, 2013, s. 2814-2822.
12. Litvinenko S.N. Zashchita nefteproduktov ot deystviya mikroorganizmov. – M.: Khimiya, 1977, 143 s.
13. Postgate J.R. The sulphate reducing bacteria/ Postgate L.R. – 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press, 1984-/9/1208.
14. Tsygankova L.E. Bakteritsidnoye deystvie ingibitora korrozii INKORGAZ-ITD po otnosheniyu k sulphatreditsiruyushchey bakteriyam // vestnik Tambovskogo universiteta. Ser: yestesvennye i tekhnicheskie nauki, 2012, t. 17, No 4, s. 1138-1142.
15. Gurbanov G.R., Adygozalova M.B., Pashaeva S.M. Issledovanie universal'nogo kombinirovannogo ingibitora dlya neflegazovoy promyshlennosti // Izvestiya vuzov. Khimia i khimicheskaya tekhnologiya, 2020, v. 63, No 10, s. 78-89.