

UO‘K 66.022

**SHIMOLIY O‘RTABULOQ KONIDA SULFAT TIKLANUVCHI BAKTERIYALARNI
DEGIDROGENAZASIGA QARSHI KIMYOVIY REAGENTLARDAN FOYDALANISH****Rustamov Mirzoxid Mansur o‘g‘li** – doktorant (PhD), e-mail: mirzoxidrustamov406@gmail.com

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

***Annotatsiya.** Maqolada Shimoliy O‘rtabuloq neft konining suvlaridan ajralib chiqqan sulfat tiklanuvchi bakteriyalarga (STB) nisbatan turli xil faol asoslarga ega bo‘lgan yettita bakteritsid reaktivining samaradorligini aniqlashning qiyosiy natijalari keltirilgan. Sulfat tiklanuvchi bakteriyalarning degidrogenaz faolligini o‘lchash asosida reagentlarning bakteritsid ta‘sirini aniqlashning yangi usulini ishlab chiqish imkoniyati ko‘rsatilgan. Postgate muhitida bakteriyalarni o‘stirib ularga qarshi kurasha oladigan kimyoviy reagent (KR) tanlash usuli ko‘rsatib berilgan. Sulfat tiklanuvchi bakteriyalarning juda ko‘p turlari mavjud bo‘lib ularga qarshi kurashish individual yondashuvni talab qiladi. Shuning uchun ham bakteriyalarni postgate muhitida o‘stirib kimyoviy reagentlarni sinab eng maqbulini tanlash talab qilinadi. Shundan kelib chiqqan holatda biz ham yetti xil kimyoviy reagentni postgate muhitida o‘stirilgan bakteriyalarga qarshi sinab ko‘rdik va eng yaxshi natija bergan kimyoviy reagentni tanlab oldik. Kelgusida ushbu laboratoriya muhitida tayyorlangan kimyoviy reagentni kon sharotida qo‘llab natijasini o‘rganish rejalashtirildi.*

***Kalit so‘zlar:** kimyoviy reagent, sulfat tiklanuvchi bakteriyalar, mikroorganizmlar, postgate muhiti, degidrogenaza.*

УДК 66.022

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ПРОТИВ ДЕГИДРОГЕНАЗЫ
СУЛЬФАТРЕДУЦИОННЫХ БАКТЕРИЙ НА РУДНИКЕ СЕВЕРНЫЙ УРТАБУЛОК****Рустамов Мирзохид Мансур угли-докторант (PhD)**, e-mail: mirzoxidrustamov406@gmail.com

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В статье представлены сравнительные результаты определения эффективности семи бактерицидных реагентов с разным действующим основанием в отношении сульфатредуцирующих бактерий (СТБ), выделенных из вод нефтяного месторождения Северный Уртабулак. Показана возможность разработки нового метода определения бактерицидного действия реагентов, основанного на измерении дегидрогеназной активности сульфатредуцирующих бактерий. Представлен метод выбора химического реагента, способного бороться с бактериями в постгейтовой среде. Существует множество видов сульфатредуцирующих бактерий, и борьба с ними требует индивидуального подхода. Необходимо выбрать наиболее оптимальный. В данном случае ситуации, мы также протестировали семь видов химических реагентов против бактерий, выращенных в постгейтовой среде, и выбрали тот химический реагент, который дал наилучшие результаты, которые мы планировали исследовать.*

***Ключевые слова:** химический реагент, сульфатредуцирующие бактерии, микроорганизмы, постгейтовая среда, дегидрогеназ.*

UDC 66.022

USE OF CHEMICAL REAGENTS AGAINST DEHYDROGENASE OF SULFATE-REDUCING BACTERIA AT THE NORTH URTABULOK MINE

Rustamov Mirzokhid Mansur ugli – Doctoral student (PhD),
e-mail: mirzoxidrustamov406@gmail.com

Karshi engineering-economics institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *This article presents the comparative results of determining the effectiveness of three bactericidal reagents with different active bases against sulfate-reducing bacteria (STV) isolated from the water of the North Central oil field. Based on the measurement of the dehydrogenase activity of sulfate-reducing bacteria, the possibility of developing new methods for determining the bactericidal effects of reagents was shown. A method of selecting a chemical reagent that can fight against bacteria by growing them in Rosgate medium is shown. There are many types of sulfate-reducing bacteria, and the fight against them requires individual treatment. Therefore, it is necessary to grow the bacteria in the right environment and choose the most suitable reagents. As a result, we also tested eight different chemical reagents against bacteria grown in the right environment and selected the chemical reagent that gave the best results. In the future, it is planned to study the results of using the chemical reagent developed in this laboratory environment in mine conditions.*

Keywords: *chemical reagent, sulfate-reducing bacteria, microorganisms, rostgate medium, dehydrogenase.*

Kirish

Mikroorganizmlarning hayotiy faoliyati neft konlari uskunalarining korroziyasini keltirib chiqaradi. Ba'zi ma'lumotlarga ko'ra [3], neft sanoatida korroziya shikastlanishining 80% gacha bo'lgan qismi sulfat tiklanuvchi bakteriyalar tufayli vujudga keladi. Shimoliy Amerikada quvurlarning ichki yuzasiga korroziyadan zarar yetkazishning 25-50% mikroorganizmlarning hayotiy jarayonlari natijasidir.

Hozirgi vaqtda neft konlari muhitida sulfat tiklanuvchi bakteriyalarga qarshi kurashning eng keng tarqalgan usuli kimyoviy reagentlar - bakteritsidlar bilan ishlov berishdir.

Bakteritsidlarni sanoatda qo'llashning birinchi bosqichi laboratoriya sinovlari bo'lib, uning davomida KR dan dalada foydalanishning fundamental imkoniyatlari aniqlanadi.

Planktonik STB ga nisbatan KR samaradorligini baholashning an'anaviy usuli (RD 39-3-973-83) [6] bir necha ketma-ket bosqichlarni o'z ichiga oladi: mikroorganizmlar holatining reagent bilan aloqasi, aloqada bo'lgan hujayralarga o'tkazish. Postgate ozuqa muhiti, ekinlarni termostatizatsiya qilish, undan keyin ozuqa muhitining holatini kuzatish. KR ning samaradorligini sifatli baholash ozuqa muhitida temir ionlari va mahsulotlar bo'lgan sulfid ionlari o'rtasidagi reaksiya natijasida hosil bo'lgan temir sulfidning qora cho'kmasi mavjudligi yoki yo'qligi bilan amalga oshiriladi.

Ushbu uslub, keng qo'llanilishiga qaramay, ma'lum kamchiliklarga ega. Bularga quyidagilar kiradi: aniqlanmagan tarkib va mikroorganizmlar madaniyatini bakteritsid bilan aloqa qilish uchun ishlatiladigan suvda elektron donorlarning yo'qligi; STB hujayralari bilan qo'shimcha manipulyatsiyalar (oziqaviy muhit bilan aloqa qilgandan keyin qayta ekish), bu ba'zi hujayralarning o'limiga olib kelishi, ularning rivojlanishini kechiktirishi va buning evaziga natijalarning biroz buzilishi; ekinlarni uzoq muddat termostatizatsiya qilish va ozuqa muhitining holatini kuzatish (15 kun davomida), bu, ehtimol, KR bilan mikroorganizmlar aloqa qilgandan keyin kechikish fazasining davomiyligi oshishi bilan bog'liq.

Ma'lumki, bakteriyalarning, shu jumladan anaeroblarning hayotiylikini baholash uchun degidrogenaza faolligi kabi ko'rsatkich keng qo'llaniladi [7, 8, 9]. Degidrogenazlar STB ning sulfatli nafas olishida bevosita ishtirok etib, vodorod atomlarini organik substratlardan ajratish va

elektronlarni nafas olish zanjiriga tashishni amalga oshiradi. Bizning fikrimizcha, bu ko'rsatkich bakteritsidlarining STB ga nisbatan samaradorligini aniqlash uchun yaxshi ishlatilishi mumkin.

Yuqoridagilar bilan bog'liq holda, ushbu tadqiqotning maqsadi bakteriyalarning nisbiy degidrogenaza faolligini o'lchash va yuqoridagi kamchiliklarni qoplash asosida reagentlarning bakteritsid samaradorligini aniqlashning yangi usulini ishlab chiqish imkoniyatlarini o'rganishdan iborat.

Tadqiqot materiallari va usullari

STB chiqishi manbai Shimoliy O'rtabuloq konining markaziy neft yig'ish punkti suvi hisoblanadi. Ushbu suvning kimyoviy tarkibi tegishli o'lchash tartib-qoidalariga muvofiq aniqlandi. STB yetishtirish natriy laktat (4,0 g/l 50% eritma) bilan Postgate muhitida o'tkazildi [6]. STB degidrogenazalarining faolligi 2,3,5-trifeniltetrazolium xloridni formazanga qaytarish orqali fotokolorimetrik tarzda aniqlandi [1, 8]. Izolyatsiya qilingan STB muhitida hosil bo'lgan oqsil va vodorod sulfidi miqdori mos ravishda O.Louri [2] va yodometrik titrlash [6] usuli bilan aniqlandi. Protein konsentratsiyasini aniqlashda olingan ma'lumotlardan foydalanib, A.I.Netrusov va boshqalar [5] tomonidan taklif qilingan formulalar bo'yicha STB o'sishining kinetik parametrlari – solishtirma o'sish tezligi va biomassaning ikki baravar ko'payishi vaqti hisoblab chiqilgan.

Reagentlarning bakteritsid ta'siri ikki yo'l bilan aniqlandi: yuqoridagi usul bilan [6] va reagent bilan ishlov berilgan STB ning degidrogenaza faolligining ishlov berilmagan bakteriyalarga nisbatan o'zgarishi bilan. Tekshirilgan reagentlarning faol asoslari ham mustaqil moddalar, ham aralashmalar bilan ifodalangan: № 1 - alkildimetilbenzilamonyum xlorid (ADBAC); № 2 - izotiyazonon; №3 - glutaraldegid (GA), 50%; 4 va № 5 - 2,2-dibromo-3-nitripropioamid (DBNPA), mos ravishda 20% va 100%; № 6 - tetra (gidroksimetil) fosfoni sulfat (THFS), 75%; № 7 - glutaraldegid (10-30%), formaldegid (10-30%) va to'rtlamchi ammoniy tuzlari (1-5%) aralashmasi.

STB ning ikkala variantdagi reagentlar bilan aloqasi 24 soat davomida penitsillin flakonlarida amalga oshirildi. Buning uchun elektron donor sifatida natriy laktat bilan STB ning ushbu turini izolyatsiya qilish manbai bo'lgan shakllanish suvining modellari ishlatilgan. Aloqa vaqti o'tgandan so'ng, degidrogenaza faolligini aniqlash uchun mo'ljallangan flakonlarga 2,3,5-TTX (MP Biomedicals, AQSh) ning 1 ml 0,5% eritmasi qo'shildi va 24 soatdan keyin 33,5 °C haroratda inkubatsiya qilindi. Inkubatsiya jarayoni mobaynida hosil bo'lgan formazan aseton bilan ekstraksiya qilindi va ekstraktlarning optik zichligi $\lambda=485$ nm da fotoelektrokolorimetrdahahlil qilindi. Formazan konsentratsiyasini aniqlash uchun kalibrlash egri chizig'i trifenilformazanning (MP Biomedicals, AQSh) asetondagi 0,025% eritmasi yordamida qurilgan.

Ushbu tajribaga parallel ravishda bakteritsidni baholash uchun mo'ljallangan flakonlardan RD bo'yicha bakteritsid samaradorlik, aloqa vaqtidan keyin 5 ml suyuqlik olindi, ularni toza flakonlarga o'tkazildi, ular tiqin ostidagi Postgate muhiti bilan to'ldirildi va belgilar paydo bo'lguncha, 14 kun davomida 33,5 °C haroratda inkubatsiya qilindi hamda STB ning o'sishi (muhitning loyqaligi va temir sulfidning qora cho'kmasi paydo bo'lishi) belgilari qayd etib borildi.

Har bir reaktiv konsentratsiyasi uchun sinovlar uch marotaba o'tkazildi. Reagentlarning bakteritsid samaradorligi tajriba flakonlarida (to'plangan bakteriya ekinlari reagent bilan ishlov berilmagan) formazan konsentratsiyasining o'zgarishi va STB o'sishi belgilarining yo'qligi (RD tomonidan baholangan) bilan baholandi.

Natijalar va muhokama

O'rganilayotgan bakteriyalarni izolyatsiya qilish manbai bo'lib xizmat qilgan Shimoliy O'rtabuloq konining qatlam suvlarining kimyoviy tahlili ma'lumotlariga asoslanib, izolyatsiya qilingan STB larning turlari neytrofil (pH ga nisbatan - 6,42), mezofil (haroratga nisbatan - plus 40 °C) organizmlar past sho'rlanishdagi suvlarda yashovchi ekanligini taxmin qilish mumkin (1-jadval).

Mikroorganizmlarda STB soni 10^7 KOE / ml ni tashkil qiladi, 15 kun davomida hosil bo'lgan vodorod sulfidining konsentratsiyasi $352 \pm 4,25$ mg / l ni tashkil qiladi. Eksponensial bosqichda STB

ekinining o'ziga xos o'sish tezligi 0,09 soat⁻¹, biomassaning ikki baravar ko'payishi vaqti 7,7 soat edi.

1-jadval

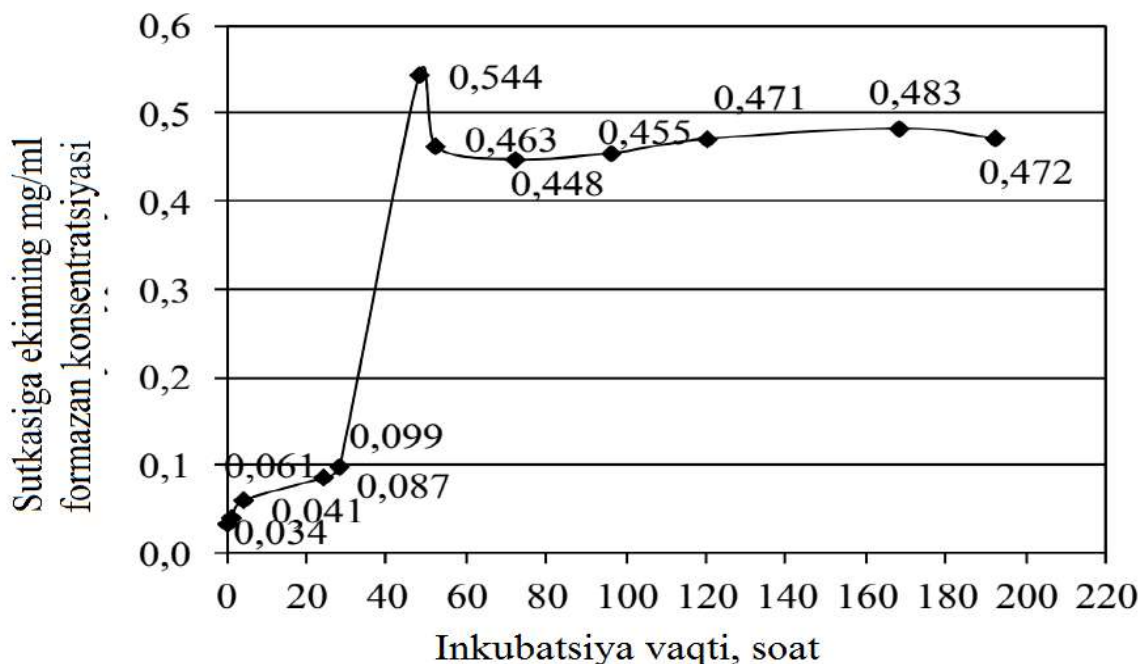
Shimoliy O'rtabuloq konining qatlam suvidan ajralib chiqqan STB yashash muhitining fizik-kimyoviy shartlari

pH	Ionlar miqdori mg/l							
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Fe _{umum}
6,42	13756,25	610,0	8,44	aniqlanmadi	1290,0	114,0	7444,64	7,80

Umumiy mineralizatsiya – 23 231,13 mg/l; V.A.Sulin bo'yicha suv turi - kalsiy xlorid; namuna olish paytida muhit harorati - 40 °C.

192 soat davomida o'rganilayotgan STB lar ekinining degidrogenaza faolligi o'zgarish dinamikasini o'rganishda, degidrogenazalarning maksimal faolligi (dastlabki qiymatdan 16 marta ko'p) 48 soat inkubatsiyada sodir bo'lganligi aniqlandi (0,034±0,006 va 0,544±0,022 mg formazan / ml ekin kuniga).

Keyingi davrda (52 soat davomida inkubatsiya qilinganda va undan keyin), degidrogenaz faolligida (5% ahamiyatlilik darajasida) sezilarli farqlar yo'q edi (1-rasm).

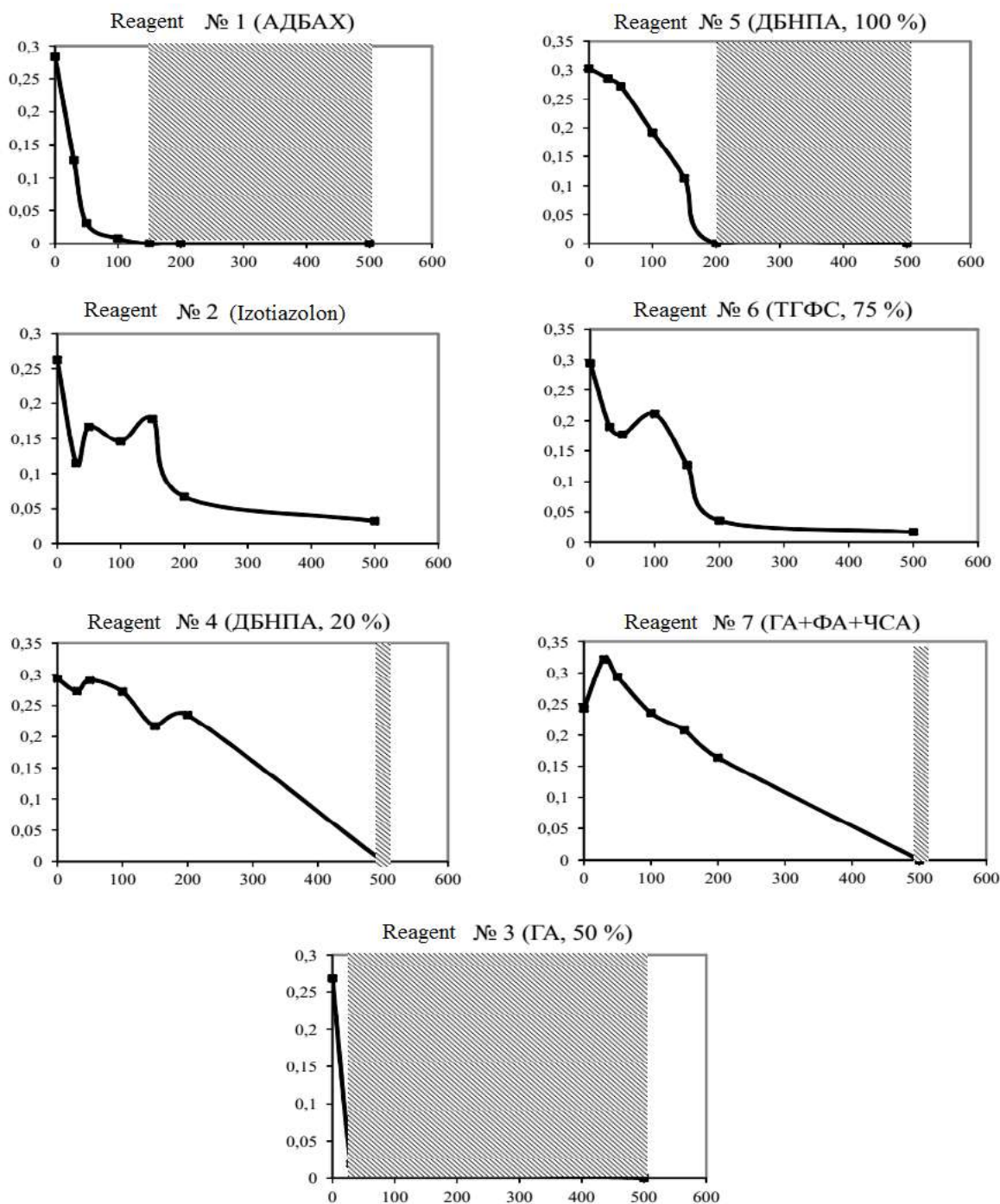


1-rasm. Shimoliy O'rtabuloq konining to'plangan STB ekinlarining degidrogenaz faolligidagi o'zgarishlar dinamikasi.

O'rganilayotgan STB larning ko'payishi O.V.Zaytseva [1] ishida o'rganilgan Priobskoye konidagi STB larga qaraganda faolroqdir (STB larning bir xil miqdori bilan, uning eksponent o'sish bosqichida o'ziga xos o'sish tezligi o'rtacha 0,026 soat⁻¹, biomassaning ikki baravar ko'payishi vaqti 26,65 soat, formazan ishlab chiqarish kuniga 0,155 mg/ml).

Maksimal degidrogenaza faolligi STB ekinini inkubatsiya qilishning ikkinchi kunida qayd etilganligi sababli, sinov uchun 2-3 kunlik STB lar qo'llanilgan (beshta qayta ekishdan keyin).

Reagentlarning bakteritsid ta'sirini ikki xil usulda aniqlashda olingan natijalar 2-rasmda ko'rsatilgan.



2-rasm. KR ning bakteritsid ta'sirini aniqlash natijalarini STB degidrogenaza faolligining o'zgarishi bilan solishtirish.

Absissada reaktivning konsyentratsiiasi, mg/l, ordinatada dyegidrogenaza faolli, sutkada bir ml bakteriyaga bir mg formazan; lyukda standart usul bilan aniqlangan baktyeritsidlarning samarali kontsyentratsiiasi belgilangan.

№ 4 va № 7 reagentlar RD bo'yicha faqat 500 mg/L da 100% samaradorlikni ko'rsatdi; degidrogenaza faolligining yo'qligi ushbu KR ning 500 mg/L konsentratsiyasida ham qayd etilgan. Ushbu reagentlarning past konsentratsiyasida Postgate muhitida bakteriya o'sishi kuzatildi va degidrogenaza faolli qayd etildi va 30-50 mg / l da,degidrogenaza faolligining biroz oshishi, bu statistik jihatdan tasdiqlanmagan (5% ahamiyatlilik darajasida).

№2 va №6 reaktivlar sinovdan o'tgan konsentratsiyalarda samarali emas edi. Ma'lumki, izotiazolon (2-reagentning faol asosi) hammadan pastligi bilan tavsiflanadi. Oksidlovchi bo'lmagan bakteritsidlarning vakillari, ta'sir qilish tezligi va tetragidrofurfuril spirti (6-sonli reagentning faol

bazasi) tez biodegradatsiyaga uchragan bo'lishi mumkin. Ehtimol, bu omillar ushbu reaktivlarning samarasizligiga sabab bo'lgan. Biroq, bu reagentlarning yuqori konsentratsiyasida (200-500 mg/l) sezilarli darajada pasayadi. STB ning degidrogenaza faolligi mos ravishda 74,4% va 87,8% dan ko'proq. Bundan yuqori konsentratsiyalarda ushbu reagentlar 100% samaradorlikni ko'rsatishi mumkin deb taxmin qilish mumkin.

№3 reagent 30 mg/l konsentratsiyada STB ni to'liq bostirishda eng yuqori samaradorlikni ko'rsatdi. Ushbu KR 40 mg / l konsentratsiyada 10^6 KOE / ml miqdorida "Desulfovibrio desulfuricans" ni (STB turlaridan biri) 24 soat ichida 80 mg / l konsentratsiyada - 7 soat ichida o'sishini to'liq bostirishni ta'minlaydi. Shunday qilib, 3-sonli reaktivning samaradorligi bizning sinovlarimiz natijalari bilan ham tasdiqlandi.

№3 reagent bilan olingan degidrogenaz faolligini aniqlash natijalari an'anaviy usulda olingan natijalar bilan mos kelmadi. Shunday qilib, ichiga 2,3,5-texnik taktik xususiyatlari bo'lgan flakonlarda zaif pushti rang paydo bo'ldi (3-reagent bilan ishlov berilganda STBlar degidrogenaz faolligining sezilarli pasayishi uning barcha konsentratsiyasida 90,7% dan ortiqni tashkil etdi) Postgate muhitida o'sish yo'q bo'lsada, jonli bakteriyalar mavjudligini ko'rsatadi.

Pushti rangning mavjudligi sulfatni kamaytiruvchi bakteriyalarning to'liq bostirilmaganligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Hayotga yaroqli STBni aniqlash uchun flakonlarda Postgate ozuqaviy muhitida ekildi, STB ning o'sishi kuzatilmadi va flakonlardagi oqsil miqdorini aniqlash ular va nazorat muhiti o'rtasida sezilarli farqlarni kuzatilmadi. Olingan natijalarni tahlil qilib, 30 dan 200 mg/l gacha bo'lgan konsentratsiyalarda №3 reagent o'rganilayotgan STB ni to'liq bostirmaganligini taxmin qilish mumkin. Biroq, uning ta'siri natijasida bakterial hujayralar ko'paymaydigan bo'lib qoldi va shuning uchun ularning Postgate muhitida o'sishi qayd etilmadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, [4] mualliflari to'rtlamchi ammoniy tuzlari va glutaraldegidning (faol moddalar) bakteritsid xususiyatlarini baholadilar. №1 va №3 reagentlar asoslari boshqa neft konlarining qatlam suvlaridan ajratilgan STB ga nisbatan ular an'anaviy usul (Alkildimetilbenzilamonyum xlorid - 80-200 g / m³, glutaraldegid- 50-100 g/m³) bilan baholaganda ushbu birikmalarning yuqori bakteritsid samaradorligi haqida xabar beradilar. Bizning ishimizda ham shunga o'xshash natijalarga erishildi.

Shunday qilib, STB ning degidrogenaza faolligini o'lchash jarayonida va umume'tirof etilgan usul bo'yicha olingan turli reagentlarning bakteritsid samaradorligini aniqlash natijalarini taqqoslash ularning o'xshashligini aniqladi. Bu mikroorganizmlarni degidrogenaza faolligini o'lchashga asoslangan STBga nisbatan reagentlarning bakteritsid samaradorligini aniqlash usulini ishlab chiqish imkoniyatini ko'rsatadi.

Xulosa

Shimoliy O'rtabuloq koni suvidan ajratilgan sulfat tiklanuvchi bakteriyalarni (STB) to'plangan ekinlari yuqori degidrogenaz faollikka ega bo'lgan mezon va neytrofil hisoblanadi.

Turli xil faol asoslarga ega reagentlarning bakteritsid samaradorligini ikki usul bilan aniqlashda: Postgeyt muhitida reagent bilan ishlov berilgandan keyin STB ning saqlanib qolishi va degidrogenaz faolligining o'zgarishi bilan shunga o'xshash natijalarga erishildi.

STB ga nisbatan reagentning bakteritsid samaradorligini tezlashtirilgan aniqlash imkoniyati, mikroorganizmlarning to'plangan ekinlari degidrogenaz faolligini o'lchash asosida ko'rsatilgan.

Xulosa qilib aytganda STB lar bilan zararlangan quduqlarda bakteritsid bilan ishlov berilganda qatlam suvlarida yashab kelayotgan STB larning populyatsiyasiga barham berish mumkin. Buning natijasida mavjud bakteritsidlar yo'qolib kon usti va kon osti qurilmalarining STB lar tufayli korroziyaga uchrash xavfi bartaraf etiladi shuningdek quduqlarda STB lar ishlab chiqarayotgan vodorod sulfidi paydo bo'lish xavfining oldi olinadi. Qolaversa mahalliy xomashyolar natijasida tayyorlanadigan biotsit bakteritsidi hisobiga chet el davlatlaridan olib import qilinayotgan biotsit bakteritsidiga ehtiyoj qolmaydi va natijada iqtisodiy samaradorlikka erishiladi.

Adabiyotlar

- [1] Зайцева О. В. Биотехнологические приемы оценки устойчивости сталей к коррозии, вызываемой бактериальной сульфатредукцией, и пути повышения коррозионной устойчивости нефтегазового оборудования: Автореф. дисс. канд. биологических наук. – Уфа, 2009. – 23 с.
- [2] Методы общей бактериологии / Пер. с англ.; под ред. Ф. Герхардта и др. – М.: Мир, 1984. 472 с.
- [3] Микробная коррозия и ее возбудители / Е. И. Андреев, В. И. Билай, Э. З. Коваль, И. А. Козлова. – Киев: Наукова думка, 1980. – 280 с.
- [4] Насыбуллина А. Ш., Мясоедова М. Н. Оценка бактерицидных свойств четвертичных солей аммония, глутарового альдегида и их композиций относительно сульфатвосстанавливающих бактерий // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 161-164.
- [5] Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. вузов / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук и др.; под ред. А. И. Нетрусова. – М.: ИЦ «Академия», 2005. – 608 с. ISBN 5-7695-1809-X.
- [6] РД 39-3-973-83. Методика контроля микробиологической зараженности нефтепромысловых вод и оценка защитного и бактерицидного действия реагентов. – Уфа: ВНИИСПТнефть, 1983. – 39 с.
- [7] Bhupathiraju V. K., Hernandez M. Application of a tetrazolium dye as an indicator of viability in anaerobic bacteria // Journal of Microbiological Methods. – 1999. – № 37. – P. 231-243.
- [8] Fukui M., Takii S. Reduction of tetrazolium salts by sulfate-reducing bacteria // FEMS Microbiology Ecology. – January, 1989. – V. 62. I. 1. – P. 13-20.
- [9] Munton T. J., Russel A. D. Effect of Glutaraldehyde on Cell Viability, Triphenyltetrazolium Reduction, Oxygen Uptake, and β -Galactosidase Activity in *Escherichia coli* // Applied and environmental microbiology. – Oct. 1973. – Vol. 26. – №. 4. – P. 508-511.
- [10] Street C. N., Gibbs A. J. Eradication of the corrosion-causing bacterial strains *Desulfovibrio vulgaris* and *Desulfovibrio desulfuricans* using photodisinfection [электронный ресурс] Northern Area Western Conference (Calgary, Alberta, February 15-18, 2010). – URL: <http://www.nasescalgary.ca> (дата обращения 23.09.2011)