

УДК 620.193.8

## АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ЗАРАЖЕНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ СРЕД МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНЫЙ УРТАБУЛАК КОЛОНИЯМИ СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Рустамов Мирзохид Мансур угли-докторант, ORCID: 0009-0005-9626-3351,  
E-mail: [mirzoxidrustamov406@gmail.com](mailto:mirzoxidrustamov406@gmail.com)

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

**Аннотация.** *Наличие сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ) в нефтепромысловых системах может иметь негативное влияние на ее работу, вызывая коррозию, засорение и образование отложений. Поэтому контроль и предотвращение роста СВБ является важной задачей для обеспечения эффективности и безопасности нефтепромысловых систем.*

*В статье на основе лабораторных испытаний подтверждена высокая степень заражения пластовых сред месторождения Северный Уртабулак колониями СВБ (более  $10^6$  Кл/см<sup>3</sup>) и степень заражения подтоварной воды колониями СВБ (более  $10^5$  Кл/см<sup>3</sup>).*

*Установлено, что биозараженность промысловых сред месторождения Северный Уртабулак является одним из ключевых факторов коррозии промышленного оборудования. Приведены выводы и рекомендации по результатам испытаний.*

**Ключевые слова:** *сульфатвосстанавливающие бактерии, месторождение Северный Уртабулак, разработка, степень заражения, коррозия заводнение, пласт, сероводород.*

UDC 620.193.8

## ANALYSIS OF THE DAMAGE DEGREE WITH SULPHATE-REPODING BACTERIA COLONIES OF THE NORTH URTABULOK MINE

Rustamov, Mirzokhid Mansur ugli – Doctoral student (PhD)

Karshi engineering-economics institute, Karshi city, Uzbekistan

**Abstract.** *The presence of sulphate-repoding bacteria (SRB) in an oilfield system can have a negative impact on system performance, causing corrosion, clogging and deposit formation. Therefore, controlling and preventing the growth of SRB is an important task to ensure the efficiency and safety of oilfield systems.*

*The articles, based on laboratory tests, confirmed a high rate of contamination in reservoirs in the Northern Urtabula with colonies of SRBv (more than  $10^6$  C/ cm<sup>3</sup>) and the degree of infection in the food supply with colonies in the SRB v (more than  $10^5$  C/cm<sup>3</sup>).*

*It has been established that biocontamination in fishing environments in Northern Urtabulak is certainly one of the key factors of corrosion of fishing equipment. Conclusions and recommendations based on the test results are given.*

**Keywords:** *sulfate-reducing bacteria, Northern Urtabulak field, development, degree of contamination, flooding corrosion, formation, hydrogen sulfide.*

UO‘K 620.193.8

## SHIMOLIY O‘RTABULOQ KONINING SULFAT TIKLANUVCHI BAKTERIYALAR KOLONIYALARI BILAN ZARARLANISH DARAJASI TAHLILI

Rustamov Mirzoxid Mansur o‘g‘li — doktorant (PhD)

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

**Annotatsiya.** Neft konlari tizimida sulfat tiklanuvchi bakteriyalar (STB) ning mavjudligi tizimning ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin, bu korroziyaga va tiqilib qolishga olib keladi. Shuning uchun STB o'sishini nazorat qilish va oldini olish neft konlari tizimlarining samaradorligi va xavfsizligini ta'minlashdagi muhim vazifadir.

Maqolada laboratoriya sinovlari asosida Shimoliy O'rtabuloq neft koni qatlamini yuqori darajada sulfat tiklanuvchi bakteriyalar (STB) koloniyalari bilan zararlanish darajasi  $10^6$  Kl/sm<sup>3</sup> dan ko'p va qatlam suvlari STB koloniyalari bilan zararlanish darajasi  $10^5$  Kl/sm<sup>3</sup> dan ko'p ekanligi haqida ma'lumot berilgan.

Shimoliy O'rtabuloq kon usti va ostki qurilmalarida korroziya miqdori STB koloniyalari sababli oshishi aniqlandi. Sinov natijalari bo'yicha xulosalar va tavsiyalar berildi.

**Kalit so'zlar:** sulfat tiklanuvchi bakteriyalar, Shimoliy O'rtabuloq koni, rivojlanish, zararlanish darajasi, toshqindagi korroziya, qatlam, vodorod sulfidi.

## Введение

Сульфатвосстанавливающие бактерии являются анаэробными микроорганизмами, которые способны использовать сульфаты в качестве окислителя для восстановления органических соединений, таких как нефть и ее компоненты. Они присутствуют в пластовых флюидах нефти и могут быть включены в нефтяные скважины вместе с извлеченной нефтью. Сульфатвосстанавливающие бактерии могут вызывать коррозию металлических материалов, таких как трубопроводы и оборудование, из-за процесса биохимической реакции, при которой образуются сероводородные газы и серные соединения. Они также могут приводить к образованию биопленок и отложений, которые могут забивать скважины и препятствовать нормальной эксплуатации нефтяных скважин. Контроль и управление сульфатвосстанавливающими бактериями в пластовых флюидах нефти является важной задачей для предотвращения коррозии и других проблем, связанных с их активностью [1].

Для предотвращения коррозии под действием бактерий, таких как сульфатредуцирующие бактерии, необходимо принять следующие меры:

1. Контролировать содержание кислорода в системе. Бактерии, вызывающие коррозию, обычно требуют наличия кислорода для своего роста. Поэтому уменьшение содержания кислорода может снизить активность этих бактерий.

2. Использовать ингибиторы коррозии. Существуют химические соединения, которые могут замедлить или остановить процесс коррозии. Их можно добавить в систему для защиты от действия бактерий.

3. Регулярно очищать и обслуживать систему. Удаление накопленных отложений и биопленки может помочь предотвратить размножение бактерий и уменьшить риск коррозии.

4. Контролировать условия окружающей среды. Бактерии, вызывающие коррозию, обычно процветают при определенных температурных, pH и концентрациях питательных веществ. Поддерживайте эти параметры на оптимальном уровне, чтобы снизить риск коррозии.

5. Использовать антибиотики или биоциды. В некоторых случаях может потребоваться применение антибиотиков или биоцидов для уничтожения бактерий, вызывающих коррозию. Однако необходимо быть осторожными при использовании этих веществ, чтобы избежать негативного воздействия на окружающую среду.

К заражению бактериями со временем также приводит интенсивное применение пресной воды на объектах нефтегазодобычи в процессе поддержания пластового давления, что сопровождается и появлением растворенного кислорода там, где ранее этот агрессивный агент отсутствовал [2,9]. Наличие и рост микроорганизмов в системе «пласт – скважина – оборудование» вызывает ряд проблем при добыче нефти [4]. К основным из них относятся: коррозия оборудования, снижение приемистости скважин, ухудшение

фильтрационных характеристик пород, уменьшение нефтеотдачи пластов за счет закупорки коллектора скоплениями живых и мертвых бактериальных клеток и продуктов их жизнедеятельности – осадки кальция, серы, магния, железа; слизь и полисахаридные биообразования [7].

Недооценка опасности бактериальной коррозии в нефтедобыче приводит к преждевременному выходу из строя насосного оборудования, подземных трубопроводов, поверхностных коммуникаций нефтепромысловой системе добычи [5, 8].

В последние годы обсуждение вопроса биологической коррозии приобрело особую актуальность.

### **Методы и материалы**

На данную тему проводились исследования в области микробиологии, коррозии и материаловедения [17]. Некоторые из исследований, связанных с предотвращением коррозии под действием бактерий, включают:

1. Исследования эффективности ингибиторов коррозии. В этих исследованиях изучается влияние различных химических соединений на процесс коррозии и их способность замедлять или предотвращать коррозию под действием бактерий.

2. Исследования механизмов действия бактерий, вызывающих коррозию. Эти исследования направлены на понимание, какие процессы и механизмы приводят к разрушению материалов под воздействием бактерий, и какие молекулярные или микробиологические мишени могут быть использованы для предотвращения коррозии.

3. Исследования разработки новых материалов и покрытий для защиты от коррозии. В этих исследованиях изучаются различные материалы и покрытия, которые могут быть устойчивыми к действию бактерий и предотвращать коррозию.

4. Исследования разработки новых методов контроля бактерий, вызывающих коррозию. В этих исследованиях изучаются различные методы, такие как использование антибиотиков, биоцидов или бактериофагов, для уничтожения или контроля бактерий, вызывающих коррозию.

Эти исследования проводятся различными научными группами и организациями, включая университеты, исследовательские институты и промышленные компании.

Сульфатовосстанавливающие бактерии (СВБ) могут привести к различным последствиям в нефтепромысловой системе. Они могут вызывать коррозию металлических поверхностей, так как они производят сероводород ( $H_2S$ ) в процессе своего обмена энергией.  $H_2S$  является агрессивным газом, который может разрушать металлы и вызывать коррозию [3, 4].

СВБ также могут образовывать биопленки на поверхностях, что может приводить к засорению и сужению трубопроводов и других систем. Это может снижать эффективность работы системы и требовать дополнительных усилий для ее очистки и обслуживания.

Более того, СВБ могут вызывать образование отложений сульфидов, таких как черный сернистый налет, который может засорять трубы и оборудование. Это может приводить к снижению эффективности процессов и требовать регулярного удаления отложений.

Биокоррозия может привести к значительным повреждениям инфраструктуры нефтепромысловых систем, таких как трубопроводы, оборудование и сооружения. Это может привести к утечкам нефти и газа, снижению эффективности работы системы и повышению затрат на ее обслуживание и ремонт.

Поэтому контроль и предотвращение биокоррозии является важной задачей в нефтепромысловой отрасли. Это может включать в себя использование биоцидов для уничтожения или ингибирования роста микроорганизмов, применение защитных покрытий на поверхности материалов или регулярную очистку и обслуживание системы для удаления биопленок и отложений.

Одним из возможных факторов ускоренной коррозии может являться микробиологическая коррозия. По данным различных литературных источников [11, 12], на

долю биокоррозии приходится от 50 до 80% коррозионных повреждений трубопроводов. Одной из причин активации микробиологических процессов на оборудовании нефтегазовой отрасли является применение заводнения нефтяных пластов. В частности, микроорганизмы интенсивно развиваются там, где для закачки используются пресные или слабоминерализованные воды. Данная среда становится благоприятна для бактерий, продуцирующих сероводород, что вызывает коррозию металла и оказывает электрохимическое воздействие на сталь в пластовых условиях.

Многим микроорганизмам для развития необходима влага, а так как на нефтегазовых месторождениях используются большие объемы пресных и сточных вод, закачиваемых с целью ППД в пласты, то для развития микроорганизмов созданы идеальные условия [13, 14]

Первенство среди данных микроорганизмов по праву занимают СВБ. В процессе своей жизнедеятельности они, подвергают биокоррозии многие конструкционные металлы, в первую очередь сталь, алюминий и железо. Механизм коррозии заключается в прохождении реакции деполяризации твердыми сульфидами железа, образующимися в результате метаболизма бактерий, а также за счет потребления ими поляризованного водорода [15, 16].

Сульфатвосстанавливающие бактерии (СВБ) – это наиболее распространенный и проблематичный тип бактерий, встречающийся в условиях нефтегазовых систем. Будучи анаэробными, эти бактерии могут выживать и в системах, содержащих растворенный кислород. СВБ толерантны к широкому интервалу рН от 5 до 9,5, наиболее хорошо размножаются в интервале температур от 25 до 35 °С, обнаруживаются и в адгезированной, и в планктонной формах. Хотя СВБ производят различные продукты метаболизма, они окисляют органические соединения до органических, напрямую перенесены в промышленные условия, то проводят и пилотные испытания, являющиеся необходимым и обязательным дополнением к лабораторным исследованиям [3, 6].

Впервые в Узбекистане с аномальными отклонениями от допустимых значений средней скорости коррозии (ССК) на системе нефтесбора столкнулись на месторождении Кокдумалак в марте 2001 года при исследовании на системе УПН резервуара №1, где была зафиксирована средняя скорость коррозии превышающая допустимую (ДСК) в 24 раза и составившая 2,4174 мм/г. Образец свидетель коррозии (ОСК) находился в придонной части резервуара. Вся поверхность образца была покрыта очаговыми язвами напоминающими кратеры.

В то время объяснения причин породивших такую скорость коррозии, и связей с деятельностью сульфатвосстанавливающих (редуцирующих) и железобактерий не нашлось.

Дальнейшие промышленные испытания показали, что и в других нефтяных месторождениях имеет место биологическая коррозия. Разработка нефтяного месторождения Северный Уртабулак с поддержанием пластового давления путем закачки воды без антибактериальной подготовки привела к повсеместному заражению микроорганизмами нефтепромысловых вод месторождения Северный Уртабулак, которые циркулируют в системе нагнетательная скважина-пласт-наземное оборудование.

Месторождение Северный Уртабулак является одним из основных нефтяных месторождений в Бухаро-Хивинской нефтегазоносной области Республики и разрабатывается с 1974 года. В целях поддержания пластового давления с 1981 года на месторождении осуществляется закачка воды в пласт.

## Результаты и обсуждение

В тектоническом отношении структура Северный Уртабулак расположена в центральной части Денгизкульского валообразного поднятия Чарджоуской ступени.

Месторождение Северный Уртабулак находится в поздней стадии разработки эксплуатируется с применением заводнения продуктивных пластов. Закачка воды



осуществляется без предварительной подготовки. Это и привело к появлению СВБ в системе пласт-скважина - наземное оборудования.

Для уточнения степени заражения промышленных сред колониями сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ) месторождения Северный Уртабулак были проведены лабораторные испытания в «Физико-химической лаборатории нефти и газа» ООО «Geo Research and Development Company».

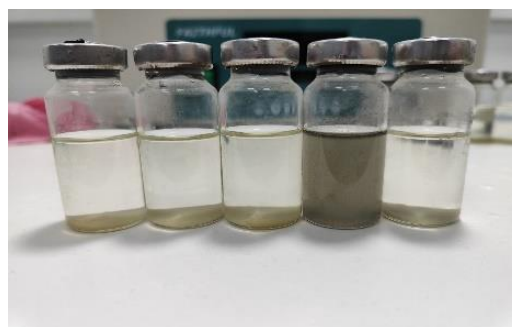
Были отобраны пробы промышленной среды из следующих точек:

1. Резервуар вертикальный стальной – 9 (РВС- 9) (рис. 2).
2. Блочная кустовая насосная станция (БКНС) (рис.3).
3. Нефтегазовый сепаратор (НГС) (рис. 4).

Были определены индексы активности бактерий и степень заражения среды сульфатвосстанавливающими бактериями (СВБ).



**Рисунок 1. Термостат для определения СВБ в отобранных пробах**



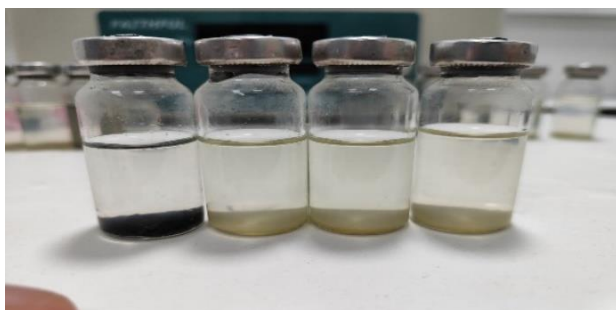
**Рисунок 2. Пробы отобранные из входа вертикального стального резервуара (РВС- 9)**

Полученные результаты испытаний приведены в таблице и рисунках 2, 3, 4.

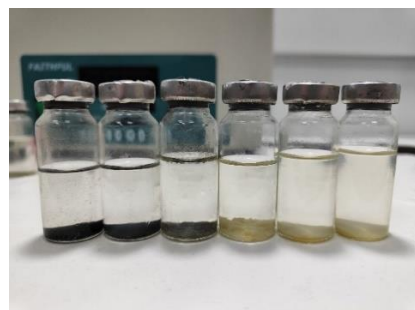
**Таблица**

**Результаты испытаний**

| №№ | Точка отбора промышленной среды | Индекс активности бактерий | Степень заражения среды СВБ, Кл/см <sup>3</sup> |
|----|---------------------------------|----------------------------|---|
| 1  | Вход РВС-9                      | 14,2                       | более 10 <sup>5</sup>                           |
| 2  | БКНС                            | 10,0                       | более 10 <sup>4</sup>                           |
| 3  | НГС                             | 33,3                       | более 10 <sup>6</sup>                           |



**Рисунок 3. Пробы отобранные из блочной кустовой насосной станции (БКНС)**



**Рисунок 4. Пробы отобранные из нефтегазового сепаратора (НГС)**

С помощью термостата (рис.1) для определения СВБ в отобранных пробах были определены индексы активности бактерий и степень заражения среды сульфатвосстанавливающими бактериями (СВБ).

### Заключение

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Подтверждена высокая степень заражения пластовых сред месторождения Северный Уртабулак колониями СВБ (более  $10^6$  Кл/см<sup>3</sup>).

2. Подтверждена высокая степень заражения подтоварной воды месторождения Северный Уртабулак колониями СВБ (более  $10^5$  Кл/см<sup>3</sup>).

3. Биозараженность промышленных сред месторождения Северный Уртабулак безусловно является одним из ключевых факторов коррозии промышленного оборудования, кроме того зараженная подтоварная вода, попадающая в пласт (ППД), негативно влияет на поры пласта и как следствие на снижение нефтеотдачи.

4. Рекомендуется проведение серии лабораторных испытаний с целью подбора наиболее эффективного реагента биоцида бактерицида и дальнейшее проведение ОПИ в системе нефтесбора и ППД месторождения Северный Уртабулак.

5. Для месторождения Северный Уртабулак, где сероводород и СВБ обнаружен как в продуктивном пласте, так и в добываемой продукции, борьбу с сульфатредукцией надо проводить в двух направлениях:

а) Подавление СВБ в пласте и защита нефтепромыслового оборудования от коррозии. Подавление СВБ в пласте необходимо осуществлять обработкой нагнетательных скважин бактерицидами в ударной дозировке.

б) Для защиты оборудования от коррозии рекомендуется обрабатывать среды реагентами комплексного действия (бактерицид-биоцид, ингибитор), вводя их в различные точки защищаемой среды.

### Литература

- [1] Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н., Эйдельмант Н. К.. Месторождение нефти и газа Республики Узбекистан. 820 стр. с
- [2] Баранов А.Н., Верхозина В.А., Гавриленко Л.В. Удаление сульфатов из растворов газоочистки алюминиевых заводов с использованием микроорганизмов. Сб. науч. ст. Алюминий Сибири. Красноярск: Бона компании, 2003. С. 25–26.
- [3] Баранов А.Н., Ковалюк Е.Н., Кухарев Б.Ф., Михайлов Б.Н. Цветная металлургия. 1998. № 3. С. 53.
- [4] Баранов А.Н. Электрохимические методы очистки сточных вод промышленных предприятий // Вестник ИрГТУ. 2007. Т. 29, № 1. С. 13–14.
- [5] Гамидова Н.С. Защита нефтепромыслового оборудования от микробиологической коррозии реагентами серии «Нефтегаз» / Н.С. Гамидова, Н.А. Азимов, А.В. Ахмедова // Научные труды НИПИ НЕФТЕГАЗ ГНКАР. 2013. № 02. С. 71–75
- [6] Защита от коррозии: учеб. пособие. 3-е изд. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012.– 52 с.
- [7] Каменщиков Ф.А., Черных Н.Л. Борьба с сульфатвосстанавливающими бактериями на нефтяных месторождениях. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и динамика»; Институт компьютерных исследований, 2007. – 412 с.
- [8] Макаренко А.В. Технические требования к насосно-компрессорным трубам и повышение эффективности работы и срока их службы // Нефтяное хозяйство. 2006. № 4. С. 120.

- [9] Франк Ю.А. Культивируемые микроорганизмы из нефтяных пластов месторождений Западной Сибири / Ю.А. Франк, Е.В. Комлева, И.В. Луцаева, В.В. Тепляшина, А.Л.Герасимчук // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. № 6. С. 38–44.
- [10] Шангареев И.Р. Оценка скорости коррозии образцов-свидетелей в скважинных условиях / И.Р. Шангареев, Р.А. Дмитриев, А.М. Созонов, А.И. Маланин, Р.В. Авершин // Нефтяное хозяйство. 2013. № 8. С. 108–110.
- [11] Коррозия нефтегазового и нефтепромыслового оборудования. Учебное пособие / И.Габдуллин, С.Н. Давыдов, М.А. Худяков, М.В. Кузнецов. – Уфа, 1990.
- [12] Защита нефтепромыслового оборудования от коррозии / Э.М. Гутман, К.Р. Низамов, М.Д. Гетманский, Э.А. Низамов и др. – Недра, 1983.
- [13] Обследование зараженности закачиваемых и добываемых вод микроорганизмами-агентами биокоррозии и биообразований для разработки технологии повышения нефтеотдачи применением биоцидов/ Н.И. Хисамутдинов, А.Г. Телин, и др. - Отчет малого предприятия «Нефтегазтехнология», 1991-1992.
- [14] Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах / С.И. Кузнецов, 1970.
- [15] Биохимия сульфатвосстанавливающих бактерий / Е.Н. Чеботарев, 1978.
- [16] Рубенчик, Л.М. Сульфатвосстанавливающие бактерии / Л.М. Рубенчик. – Изд-во АН СССР, 1947.
- [17] Ингибиторная защита стали в сероводородных средах // Е.В. Дубинская, В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова //Вестник ТГУ, т.18, вып.5, 2013