

УДК 622.276.7.1

## МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИЦИДОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С БИОГЕННЫМ СЕРОВОДОРОДОМ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ УЗЕНЬ И КАРАМАНДЫБАС

Б.А. Иманбаев, Н.С. Жапаров, Д.М. Максут, М.С. Утепов

*На месторождении Узень с целью изучения и контроля микробиологической зараженности сульфатвосстанавливающими бактериями промышленных сред проводится мониторинг эффективности применения реагентов-бактерицидов. На оборудованных точках контроля производится отбор проб воды на содержание клеток сульфатвосстанавливающих бактерий до и после закачки бактерицида.*

*В связи с увеличением содержания сероводорода в ноябре – декабре 2020 г. на месторождениях АО «Озенмунайгаз» была выполнена техническая инспекция объекта НСМ-4 и узла закачки реагента силами «КазНИПИмунайгаз» совместно со специалистами структурных подразделений АО «Озенмунайгаз». Также были проведены лабораторные работы по определению смешиваемости бактерицида с морской водой при разных температурах.*

*По результатам выполненных исследований были определены необходимость бактерицидной обработки резервуаров морской воды НСМ-4, усовершенствование точки ввода реагента для эффективного смешивания бактерицида с морской водой, необходимость чередования бактерицидов во избежание рисков «привыкания» и проведение опытно-промышленных испытаний новых эффективных реагентов.*

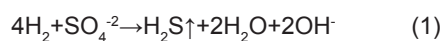
*Ключевые слова: бактерицид, биогенный сероводород, сульфатвосстанавливающие бактерии, сульфатредукция, бактерицидная обработка.*

### Введение

Разработка м. Узень и Карамандыбас производится с поддержанием пластового давления (далее – ППД) путем закачки морской и сточной воды высокого давления. Длительное время морская и сточная вода, применяемые в системе ППД, не проходили бактерицидную обработку, поэтому содержат в своем составе различные микроорганизмы и бактерии. Из многочисленных бактерий, способных инициировать процесс коррозии металлов, наиболее активную роль играют сульфатвосстанавливающие бактерии (далее – СВБ), которые представляют собой подвижные, не образующие спор, микроорганизмы, анаэробные по своей природе. СВБ поглощают водород и восстанавливают сульфаты, сульфиты, тиосульфаты и другие соединения серы в сульфиды, при этом выделяют

в окружающую среду сероводород, являющийся продуктом их метаболизма [1].

Под действием СВБ в благоприятной обстановке в пласте активно протекает процесс сульфатредукции – восстановление содержащихся в воде сульфат-ионов до сероводорода и протекающий по уравнению [2]:



Конечным результатом реакции сульфатредукции является сероводород, вызывающий активные коррозионные процессы в промысловых трубопроводах и технологическом оборудовании. Кроме того, сероводород при взаимодействии с окислами железа, находящимися в окружающей среде, образует сульфид железа FeS, который негативно воздействует на технологию

ские процессы сбора и подготовки нефти [2].

Непременным условием жизнедеятельности СВБ является водная среда, в безводной среде, такой как нефть, СВБ отсутствуют. Наиболее интенсивно СВБ развиваются в слабоминерализованных пластовых водах (разбавленных) [2].

Сульфатвосстанавливающие бактерии, попадая вместе с закачиваемой водой в нефтяные пласты, свою активность проявляют не сразу. В течение некоторого времени (в среднем от нескольких месяцев до 1 г.) они приспосабливаются к условиям среды, формируя биоценоз [3].

Оптимальными условиями для развития СВБ являются невысокая минерализация среды, наличие сульфатов, нейтральная среда, температура 30–40°C, достаточное количество органических веществ, затрудненный доступ кислорода. Действие СВБ характеризуется:

- сильными коррозионными процессами на различных участках поверхности металла;
- потемнением воды;
- неприятным запахом;
- накоплением тонкораздробленных частиц сульфида железа.

На м. Узень закачиваемые воды системы ППД, а также объекты системы сбора и промышленной подготовки воды заражены клетками СВБ в диапазоне 10–106 кл/мл. В результате еженедельного анализа закачиваемых вод на содержание СВБ во многих местах отмечается максимальное количество СВБ 105–106 кл/мл. Результаты анализов, проведенных другими исследователями, также подтверждают содержание СВБ в данных количествах [4].

Отмечается появление сероводорода в газе, добываемом на нефтяных скважинах, и наблюдается значительное усиление коррозионных процессов промышленного оборудования.

В настоящее время масштабы коррозии, вызываемой сульфатредукцией в нефтяных оборудованных, таковы, что необходимо принимать меры по её подавлению.

На рис. 1 представлена схема осложняющих факторов в системе сбора, подготовки, транспорта нефти и воды м. Узень.

### **Анализ применения бактерицидов на месторождениях Узень и Карамандыбас**

Появление сероводорода в продукции м. Узень в конце 1974–1975 гг. существенно осложнило добычу нефти и газа. Первые исследования процесса образования сероводорода, проведенные на м. Узень в 1974–75 гг., показали, что причиной появления сероводорода является биогенное восстановление содержащихся в воде сульфатов за счет жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий [5].

**В 1976 г.** началось испытание бактерицидов фирмы Петролайт WF-88 и XP-1293, показавших **низкую эффективность**.

**В 1978 г.** начаты опытно-промышленные исследования ряда бактерицидов С-85, 607, СК-601 фирмы «Сека» (Франция) и формалина закачкой в нагнетательные скважины (при самоизливе скважин). Реагенты проявили достаточное высокое бактерицидное действие и привели к заметному уменьшению  $H_2S$  в призабойной зоне нагнетательных скважин. Были рекомендованы реагенты бактирамы С-85 и С-607 фирмы «Сека» (Франция), проявившие высокий эффект при длительном, более 6 мес, восстановлении биоценоза. Формалин, несмотря на равный с бактирамами бактерицидный эффект, обладал коротким периодом восстановления биоценоза СВБ и быстрым привыканием к нему микрофлоры. Было принято решение о промышленном внедрении бактерицидов на м. Узень [5].

**В 1979 г.** продолжались испытания в лабораторных условиях бактерицида «Ниртан», но он показал результаты менее эффективные, чем бактирамы. Далее в течение 10 лет из-за отсутствия реагентов исследования не велись и возобновились только в 1993 г.

**В 1993 г.** для подавления сульфатредукции на уч. БКНС-4а применялся Бактирам 447 с дозировкой 700 мг/л, на уч. БКНС-8, 9 – Бактирам 607 с дозировкой 1000 мг/л, что обеспечило подавление биогенных процессов на этих участках.

**С 1993–2002 гг.** из-за отсутствия реагентов исследования не проводились.

**С 2003–2011 гг.** начата закачка бактерицидов производства Франции через КНС

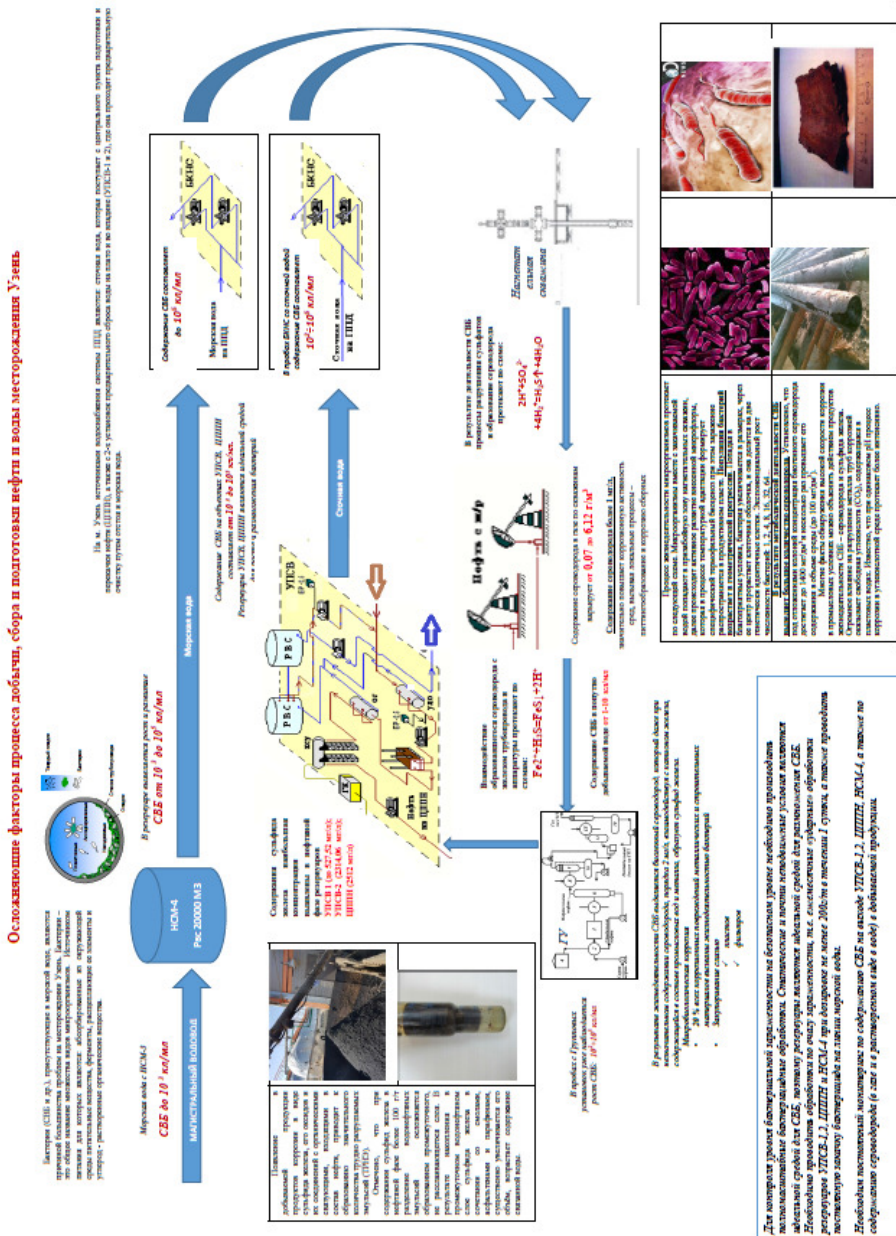


Рисунок 1. Осложняющие факторы процесса добычи, сбора и подготовки нефти, газа и воды на м. Узень (Отчет по теме «Мониторинг эффективности применения реагента-бактерицида по АО «Озенмунайгаз», 2018 г.)

и выборочно в коллектор скважины с наибольшим содержанием сероводорода.

**В 2012 г.** начато тестирование и подбор эффективных бактерицидов: бактерицид Atren-bio 4006 с дозировкой 100 мг/л, Ранцид-7005 при концентрации 100 мг/л и выше и ДС-700 при концентрации 200 мг/л и выше. Наилучшую степень подавления СВБ показал химический реагент Ранцид-7005 [5].

**В феврале 2015 г.** произведена закачка бактерицида «Ранцид-7005» на БКНС-4, 4а, 4 г.

**В июле 2015 г.** произведена вторая серия закачек бактерицида на БКНС-5, 5а, 6. Были использованы бактерициды «ДС-705» и Ранцид-7006».

В целом после закачки вышеуказанных бактерицидов наблюдалось снижение содержания растворенного сероводорода в попутно-добываемой воде. На основании результатов работ было рекомендовано производить закачку против СВБ на постоянной основе, периодически с ударной дозировкой, при этом меняя марку бактерицида по истечении 6 мес из-за привыкания бактерий к бактерициду [6].

**С 18.10–12.11.2017 г.** начато мероприятие по закачке реагента бактерицида марки «Аманат-8001» на входе НСМ-4 ударной дозировкой 200 мг/л в течение суток с последующим переходом на непрерывную закачку в течение 25 сут с удельным расходом 30 мг/л, закачка реагента на входе РВС-6 УПСВ-2 и на УПСВ-1. В 2019 г произведена поставка реагента в АО «Озенмунайгаз» (далее – ОМГ) для промышленного использования. Поставленная партия не прошла лабораторный тест на входной контроль по эффективности, в связи с чем реагент не был использован для бактерицидной обработки месторождения.

**С 05.03.2018 г.** ведется полномасштабная бактерицидная обработка закачива-

емых вод на м. Узень. Закачка начата с бактерицида «Аманат-8001» и продолжена бактерицидом «Ранцид-7005» по следующей схеме: постоянная закачка и ежеквартальная ударная закачка на НСМ-4, ежемесячная ударная закачка на цех подготовки и перекачки нефти (далее – ЦППН), установки предварительного сброса воды (далее – УПСВ) 1 и 2. С марта 2020 г. ведется закачка бактерицида «Ранцид-7006». Производится обработка всей воды, используемая в системе ППД. Внедрена практика проведения оценки эффективности бактерицида при входном контроле и промышленном применении.

### **Опыт применения бактерицидов за пределами Казахстана**

Зарубежный опыт применения бактерицидов представлен по доступным обзорным материалам применения бактерицидов в Татарстане. Основной объем нефти в Татарстане добывается с применением заводнения нефтяных пластов сточными и природными водами. В этой воде содержатся такие компоненты, как растворенный кислород, углекислый газ и сероводород. Вместе со сточной водой в пласт закачивают часть пресной воды из рек, озер и водоемов. Именно с этой водой в пласт попадают бактерии [7].

Ежегодно в АО «Татнефть» в нефтеносные пласты закачивается более 120 млн м<sup>3</sup> сточной воды и около 40,2 млн м<sup>3</sup> пресной. Применяемая пресная вода не проходит специальную подготовку по удалению микроорганизмов. На месторождении НГДУ «Лениногорскнефть» применяется обработка закачиваемой воды химическими реагентами-бактерицидами [7].

Результаты исследований нефтепромысловой воды, отобранной с промыслов НГДУ «Лениногорскнефть», представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Результаты исследований нефтепромысловой воды**

| № точки | Место отбора проб                  | Наличие СВБ, кл/мл | Индекс активности J, ед. | Концентрация продуцированного H <sub>2</sub> S, мг/л |
|---------|------------------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 1       | ЛОС выход с КДФ                    | 10                 | 50                       | 365,4  |
| 2       | ЛОС выход с ОС                     | 100                | 100                      | 389,6  |
| 3       | КНС – 18                           | 100                | 50                       | 243,1  |
| 4       | ГОС вход на ОС                     | 10                 | 50                       | 268,3  |
| 5       | ГОС выход с ОС                     | 100                | 50                       | 364,2  |
| 6       | КНС – 124 сточн.                   | 100                | 50                       | 283,4  |
| 7       | КНС – 124 пресная (из оз. Карабаш) | 1000               | 100                      | 386,2  |
| 8       | КНС – 16                           | 100                | 50                       | 251  |
| 9       | КОС выход с ОС                     | 10                 | 50                       | 383  |
| 10      | КНС – 123                          | 10                 | 33                       | 365,2  |

Проведены лабораторные исследования с целью подбора эффективной дозировки реagenta- бактерицида. Результаты представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Результаты эффективности бактерицида СНПХ-1002**

| Дозировка бактерицида, мг/л | Эффективность бактерицида S, % |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 150                         | 5,8                            |
| 200                         | 10,5                           |
| 250                         | 20,4                           |
| 350                         | 50,1                           |
| 400                         | 86,5                           |
| 500                         | 93,2                           |
| 550                         | 100                            |

Как показывают результаты исследований, полное подавление СВБ обеспечивает дозировка бактерицида 550 мг/л. Реагент-бактерицид СНПХ-1002 рекомендован к проведению опытно-промышленных испытаний.

Во многих нефтедобывающих компаниях за рубежом применяют «ударные», так называемые «био-шоковые», бактерицидные обработки. К примеру, на м.

Нижний Мишовдаг (Азербайджан) производится ударная дозировка бактерицида 400–500 мг/л в течение 4 ч на прием в ЦППН, а также осуществляется еженедельное чередование бактерицидов. На м. Бурун компании «Burren Resources Petroleum Ltd» (Туркменистан) закачка бактерицида на основе аминов и альдегидов осуществляется с дозировкой 250 мг/л в течение 4 ч с еженедельным чередованием бактерицида [8].

**Таблица 3. Месторождение Бурун (Туркменистан). Парограмма закачки бактерицида компании Burren Resources Petroleum Ltd: еженедельное чередование бактерицидов**

| РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ОБРАБОТКИ БУРУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТУРКМЕНИСТАН |                                    |                                      |   |   |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| ДОБЫЧА НЕФТИ 2046 т/сут  |                                    | ДОБЫЧА ВОДЫ 2385 м <sup>3</sup> /сут |   |   |
| ВСЕГО ЖИДКОСТИ 4765 м <sup>3</sup> /сут                                  |                                    |                                      |   |   |
| Код  | Тип                                | Описание                             | Дозировка ррт макс./ мин.   | Количество реагента поставка за 6 месяцев (180 сут) м <sup>3</sup> /т |
| DMO83262   | Дезэмульгатор                      | Смешанный окси-алкилат               | 20 / 15 ррт от общего количества жидкости                             | 12,88 м <sup>3</sup> , 11,72 т  |
| CRW85218   | Водорастворимый ингибитор коррозии | На основе амина                      | 20/15 ррт в зависимости от обводненности                              | 6,44 м <sup>3</sup> , 6,41 т  |
| SCW85534   | Ингибитор солеотложения            | На полимерной основе                 | 6/4 ррт в зависимости от обводненности                                | 1,72 м <sup>3</sup> , 1,91 т  |
| RBW82176   | Вспомогательный фильтр             | На основе ионов железа               | 1,0–0,5 на основе воды  | 0,21 м <sup>3</sup> , 0,28 т  |
| RBW80103   | Очиститель воды                    | На основе полимера                   | 10/5 ррт в пересчете на маслянистую воду                              | 2,15 м <sup>3</sup> , 2,19 т  |
| XC82395  | Биоцид                             | На основе альдегида                  | Обработка партии 250 ррт в течение 4 ч каждые 2 недели на основе воды | 1,28 м <sup>3</sup> , 1,36 т  |
| XC82332  | Биоцид                             | На основе амина                      | Обработка партии 250 ррт в течение 4 ч каждые 2 недели на основе воды | 1,28 м <sup>3</sup> , 1,40 т  |
| CRO82711   | Ингибитор газовой коррозии         | На основе амина                      | 10 литров на миллион условных кубометров газа                         | Нет данных по газу  |
| OSW80490   | Поглотитель кислорода              | На основе бисульфита                 | 10 ррт на 1 ррт растворенного кислорода                               | Система мониторинга для определения растворенного кислорода           |
| PAO83153   | Диспергатор АСПО                   | На основе полимера                   | При необходимости, 100 ррт в расчете на чистую экспортную нефть       | Ожидание испытаний сырой нефти  |

**Методы борьбы с СВБ и биогенным сероводородом и результаты мониторинга применения бактерицида на месторождении Узень**

Полномасштабная бактерицидная обработка закачиваемых вод на м. Узень ведется с начала 2018 г. С целью изучения и контроля микробиологической зараженности СВБ промышленных сред проводится мониторинг эффективности применения

реагентов-бактерицидов и входной контроль применяемых реагентов-бактерицидов.

Первоначально в 2018 г., учитывая что основной объем воды системы ППД составляет морская вода (порядка 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут), которая является основным источником сульфатов, была разработана программа закачки, где применялась постоянная закачка бактерицида в морскую воду на НСМ-4 при дозировке

30–40 мг/л. «Ударная» закачка бактерицида для морской воды применялась раз в квартал при дозировке 200 мг/л в течение 24 ч. Обработка сточных вод на УПСВ-1, УПСВ-2 и на ЦППН проводилась 1 раз в месяц при дозировке 200 мг/л в течение 24 ч. Первоначально применялся бактерицид «Аманат-8001», далее бактерицид «Ранцид-7005» (на основе ТНPS).

При данной схеме закачки в декабре 2018 г. после 9 мес бактерицидной обработки удалось снизить среднее содержание сероводорода в попутно-добываемом газе с 353 ppm до 135 ppm (рис. 2). Наблюдалось снижение содержание сульфида железа в целом по месторождению. Так, например, в пробах, отобранных с оперативных узлов учета (КарМасс) в августе и октябре, произошло уменьшение сульфида железа с 729 мг/л до 317 мг/л. Снижение сероводорода и одного из стабилизаторов эмульсии – сульфида железа – способствовало улучшению процесса подготовки нефти, выраженному в снижении объема образования трудно разрушаемой нефтяной эмульсии (далее – ТРНЭ) [9]. По итогам работ 2018 г. была также выдана рекомендация по точечной закачке бактерицида в нагнетательные скважины и необходимости чередования реагентов-бактерицидов после каждых «ударных» обработок во избежание риска снижения эффективности из-за эффекта «привыкания».

**В 2019 г.** с января по апрель наблюдалось резкое увеличение содержания сероводорода до 390 ppm (рис. 3). В ходе лабораторных исследований выяснилось, что эффективность бактерицида стала значительно хуже. Применяемый бактерицид «Ранцид-7005» показывал отрицательные результаты по подавлению СВБ при дозировке 40 мг/л. В связи полученными результатами было принято решение о пересмотре программы закачки бактерицида. Постоянная обработка морской воды на НСМ-4 при дозировке 40 мг/л была приостановлена, за счет чего было увеличено количество «ударных» обработок резервуаров воды на НСМ-4, УПСВ-1, УПСВ-2 и ЦППН до двух раз в месяц с дозировкой 200 мг/л в течение 24 ч. После увеличения периодичности «ударных» обработок удалось достичь снижения содержания сероводорода до 65 ppm в мае. Далее содер-

жание сероводорода стабилизировалось и в декабре 2019 г. составило 141 ppm. Среднее содержание сульфида железа в пробах, отобранных с оперативных узлов учета (КарМасс), на ноябрь 2019 г. составило 202 мг/л.

По итогам 2019 г. была выдана рекомендация по проведению опытно-промышленных испытаний (далее – ОПИ) новых реагентов-бактерицидов и по чередованию реагентов.

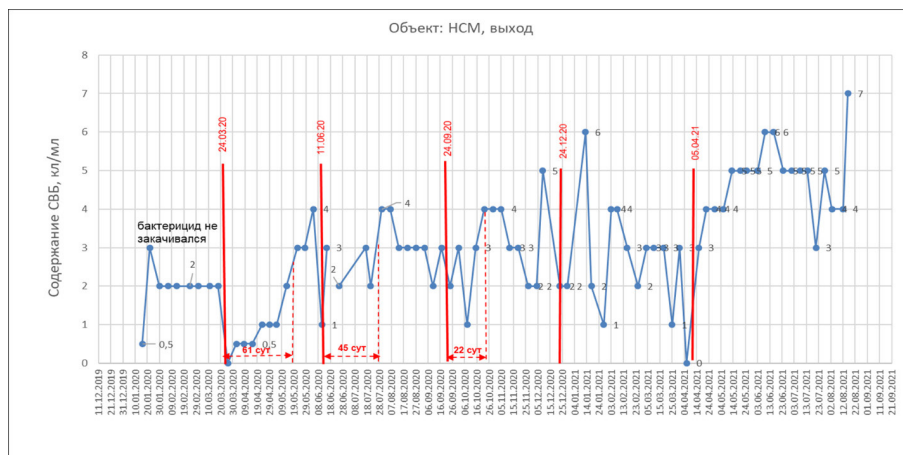
**В январе и феврале 2020 г.** закачка реагента не производилась из-за отсутствия реагента-бактерицида. В марте была возобновлена программа бактерицидной обработки, где морская вода подвергалась постоянной обработке с дозировкой 30–40 мг/л и ежеквартальной «ударной» обработке при дозировке 200 мг/л в течение 24 ч. Сточная вода подвергалась «ударной» обработке ежемесячно на водяных резервуарах УПСВ-1,2, ЦППН при дозировке 200 мг/л в течение 24 ч. Обработка производилась новым реагентом «Ранцид 7006» [10].

Результаты мониторинга показывали стабильное снижение сероводорода в целом по месторождению до 34 ppm в октябре, однако с ноября наблюдалось обратное увеличение сероводорода и достигло 109 ppm в декабре 2020 г. (рис. 2).

Для выявления причин роста сероводорода были проведены работы по определению привыкания СВБ к применяемому бактерициду в резервуарах морской воды, НСМ-4.

В целях определения эффективности применения реагента-бактерицида с периодичностью 6–7 дней отбирались пробы промысловой воды на предмет содержания СВБ. Количественная оценка наличия СВБ проводилась методом предельных разведений в питательной среде Постгейта с последующим культивированием при температуре  $36\pm 1^\circ\text{C}$  в течение 15 сут, и после визуально оценивалось наличие роста СВБ по выпадению черного осадка сульфида железа или его отсутствию. В мировой практике безопасным уровнем СВБ считается его содержание в воде не более 102 кл/мл.

Результаты испытания проб промысловой воды на содержание СВБ представлены на рис. 2.



**Рисунок 2. Результаты исследований морской воды (выход HCM-4) на содержание СВБ, кл/мл**

Согласно представленному графику, получена следующая средняя продолжительность эффективности от «ударных» обработок на HCM-4:

- 24.03.2020 г. – продолжительность эффективности «ударной» закачки на HCM-4 составила 60 сут;
- 11.06.2020 г. – продолжительность эффективности «ударной» закачки на HCM-4 составила 45 сут;
- 24.09.2020 г. – продолжительность эффективности «ударной» закачки на

HCM-4 составила 22 сут.

По истечении вышеуказанного времени содержание СВБ повышалось до  $10^3$ – $10^4$  кл/мл.

Изучив продолжительность эффективности «ударных» обработок морской воды на HCM-4, провели исследования по оценке эффективности бактерицида в морской воде. Для сопоставления были взяты закодированные образцы реагентов ИБ-02 и ИБ-04, представленные для м. Жетыбай. Пробы воды отобраны на входе и выходе

**Таблица 4. Результаты лабораторных исследований по оценке бактерицидов по полному подавлению СВБ в морской воде с HCM-4**

| Наименование показателя | Содержание СВБ $10^3$ кл/мл HCM-4, Вход  |            |            |
|-------------------------|--|------------|------------|
|                         | Ранцид-7006 (партия №39)                 | ИБ-02      | ИБ-04      |
| 30 мг/л                 | эффект.                                  | не эффект. | эффект.    |
| 40 мг/л                 | эффект.                                  | не эффект. | эффект.    |
| 50 мг/л                 | эффект.                                  | эффект.    | эффект.    |
| 60 мг/л                 | эффект.                                  | эффект.    | эффект.    |
| 100 мг/л                | эффект.                                  | эффект.    | эффект.    |
|                         | Содержание СВБ $10^4$ кл/мл HCM-4, Выход |            |            |
| 30 мг/л                 | не эффект.                               | не эффект. | не эффект. |
| 40 мг/л                 | не эффект.                               | не эффект. | эффект.    |
| 50 мг/л                 | не эффект.                               | не эффект. | эффект.    |
| 60 мг/л                 | не эффект.                               | эффект.    | эффект.    |
| 100 мг/л                | эффект                                   | эффект.    | эффект     |



НСМ-4. Результаты представлены в табл. 4.

Результаты исследований показывают неэффективность применяемого бактерицида «Ранцид-7006» в воде из НСМ-4, тогда как на входе на НСМ-4 бактерицид подавляет СВБ эффективно. При этом закодированные образцы ИБ-02 и ИБ-04, ранее не применявшиеся на м. Узень, показывают полное подавление СВБ при дозировках 40 и 60 мг/л. Данный фактор может означать, что за период применения постоянной низкой дозировки на НСМ-4 с марта 2020 г. происходит привыкание бактерии к бактерициду «Ранцид-7006» в резервуарах НСМ-4. Эффективность постоянной дозировки на НСМ-4 не превышает 8–9 мес [10].

Полученные результаты показали необходимость увеличения периодичности «ударных» обработок морской воды. При применении постоянной дозировки с низкой концентрацией увеличивается риск «привыкания» бактерий. Согласно полученным данным, эффективность постоянной дозировки в условиях НСМ-4 не превышает 8–9 мес, далее происходит адаптация бактерий к минимальной дозировке. В 2020 г. применялся только бактерицид «Ранцид-7006» без чередования с другими видами бактерий. При длительной закачке одного реагента, тем более с минимальной постоянной дозировкой, происходит адаптация бактерий к нему. Данные

работы вновь подтвердили необходимость чередования бактерицидов [10].

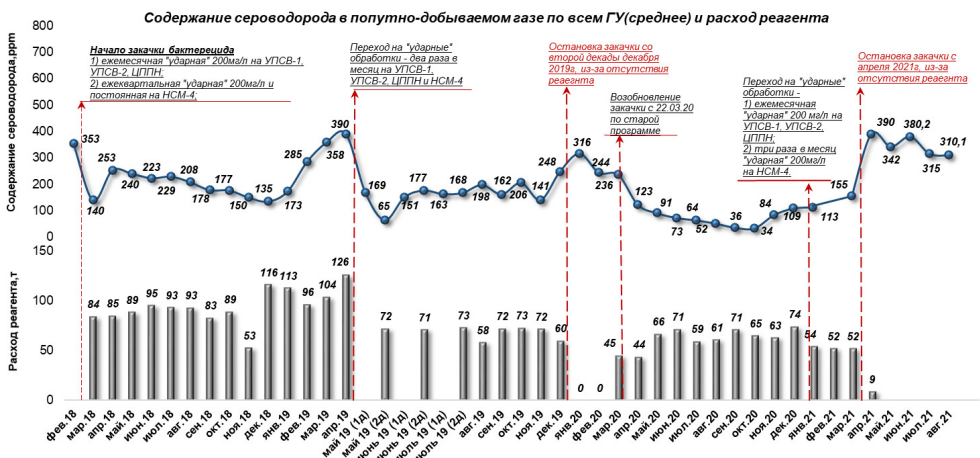
В 2021 г. на основании полученных результатов предыдущего года была приостановлена постоянная закачка бактерицида на входе НСМ-4.

С 5 января 2021 г. применяется следующая схема бактерицидной обработки:

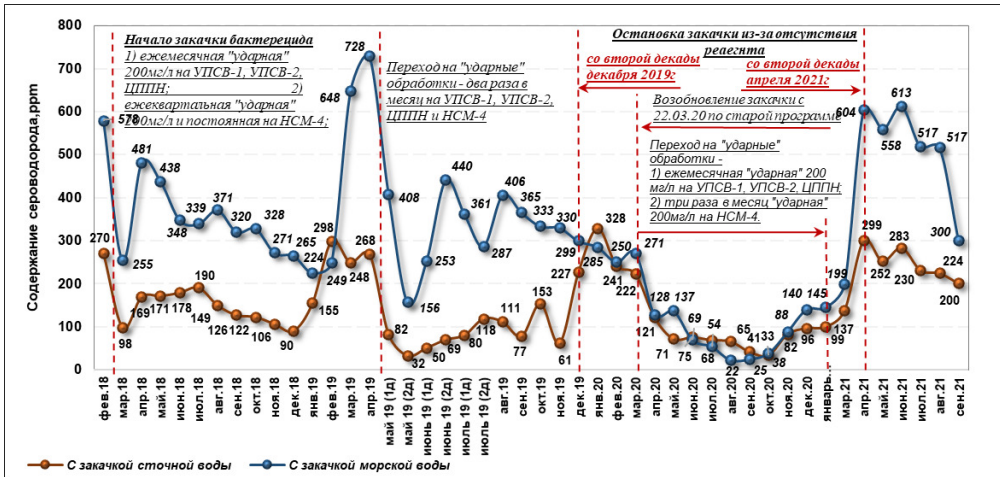
- «ударная» обработка НСМ-4 – 3 раза в месяц (200 мг/л в течение 24 ч);
- «ударная» обработка УПСВ-1,2 и ЦППН – 1 раз в месяц (200 мг/л в течение 24 ч).

Обработка производилась тем же бактерицидом «Ранцид-7006». С января по март содержание сероводорода составляло в среднем 155 ppm. В апреле закачка бактерицида была приостановлена из-за отсутствия реагента. Из-за остановки закачки бактерицида содержание сероводорода в конце апреля 2021 г. увеличилось до 390 ppm. Дальнейшие ежемесячные замеры подтверждают, что при отсутствии бактерицидной закачки содержание сероводорода держится на уровне выше 300 ppm. Как видно на рис. 3, в августе сероводород составил 310 ppm [10].

Для определения эффективности закачки бактерицида по зонам влияния морской и сточной воды построен график отдельно по ГУ, реагирующим на систему ППД с закачкой морской и сточной воды. Результаты представлены на рис. 3.



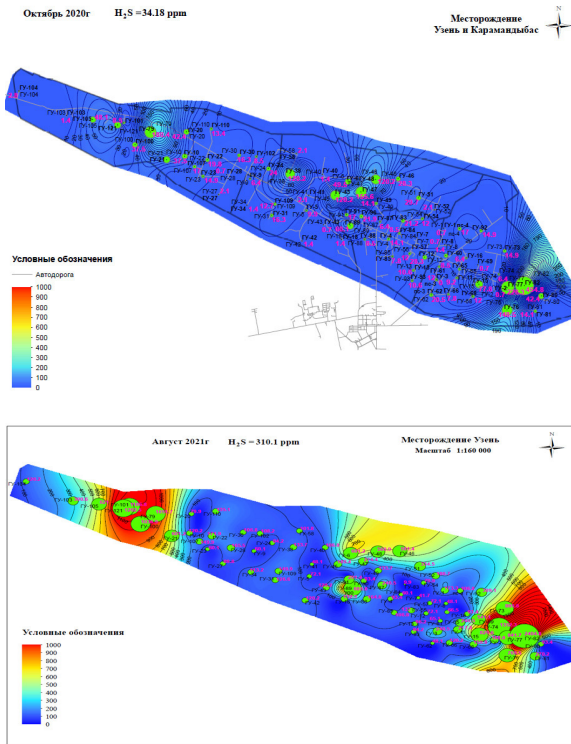
**Рисунок 3. Среднее содержание сероводорода в попутно-добываемом газе, отобранном по всем ГУ ОМГ**



**Рисунок 4. Среднее содержание сероводорода в газе, отобранном по ГУ и зонам влияния морской и сточной воды**

Как видно на рис. 4, в зоне влияния морской воды содержание сероводорода всегда выше. Обусловлено это тем, что морская вода содержит большое количество сульфатов, которые являются питанием для СВБ.

Представлены карты содержания сероводорода по ГУ за октябрь 2020 г. и август 2021 г. на рис. 5.



**Рисунок 5. Сравнительные карты зараженности сероводородом за октябрь 2020 г. и за август 2021 г.**

### Рекомендации по бактерицидной обработке резервуаров морской воды НСМ-4

В связи с увеличением содержания сероводорода в конце 2020 г. и в начале 2021 г. на месторождениях ОМГ была выполнена техническая инспекция объекта НСМ-4 и узла закачки реагента, а также проведены лабораторные исследования по определению смешиваемости бактерицида с морской водой при разных температурах. По результатам выполненных исследований была определена нижняя допустимая граница по температуре +4°C, до достижения которой будет обеспечиваться смешивание бактерицида с морской водой. Соответственно, в зимний период необходимо предусмотреть обогрев системы закачки бактерицида.

Результаты лабораторных исследований применяются для анализа различных вариантов обогрева системы закачки бактерицида, моделирования потока бактерицида и смешиваемости реагента с морской водой [11].

Как указывалось выше, причина, возможно, состоит в вероятном эффекте «привыкания» к низким дозировкам бак-

терицида, наличии «адгезированных» форм СВБ на стенках резервуара и плохой смешиваемости реагента в резервуаре. В связи с этим требуются очистные мероприятия подземных хранилищ морской воды на НСМ-4, что является одновременно затратным и продолжительным процессом. Во избежание затратных мероприятий рекомендуем проводить регулярные ежеквартальные обработки подземных резервуаров морской воды «ударной» дозой бактерицида. Во время обработки необходимо временно отключить обрабатываемый резервуар из технологической цепочки, произвести монтаж и врезку циркуляционной линии согласно схеме (рис. 6). Для улучшения качества обработки резервуаров НСМ-4 рекомендуется произвести рециркуляцию морской воды в резервуаре с подачей бактерицида с «ударной» дозировкой не менее 400 мг/л. Произвести циркуляцию длительностью не менее 32 ч. Дозировка рассчитывается из объема воды в резервуаре. Во избежание остановки технологического процесса резервуары обрабатываются последовательно [11].

На рис. 6 представлена схема НСМ-4 с

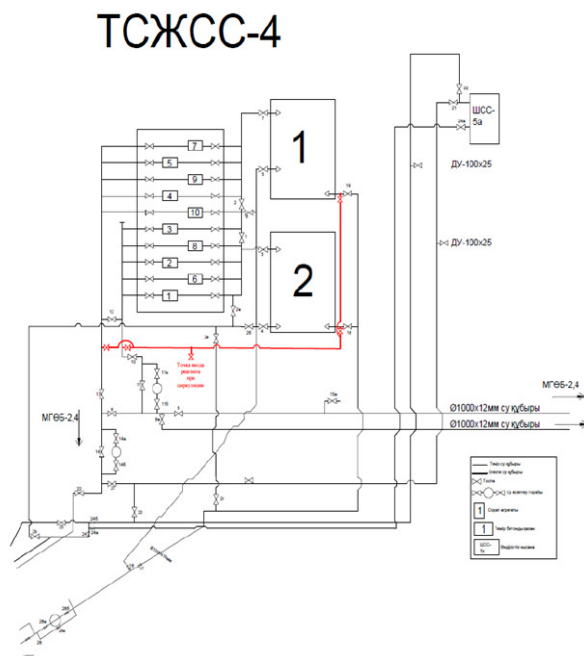


Рисунок 6. Технологическая схема рециркуляции НСМ-4

указанием предлагаемой линии рециркуляции воды.

### Выводы

Мониторинг применения и входной контроль бактерицидов по определению технологической эффективности является эффективным методом контроля применяемых реагентов.

В 2020–2021 гг. были проведены лабораторные работы по подбору реагентов-бактерицидов. Тем не менее ОПИ новых реагентов отложены в силу различных обстоятельств (в частности, пандемии COVID19 и пр.). Необходимо ускорить проведение ОПИ новых реагентов-бактерицидов. Рекомендуется проведение ОПИ сразу двумя бактерицидами на разной основе в течение 3–4 мес.

Рекомендуется производить ежеквартальную циркуляцию подземных резервуаров морской воды на НСМ-4 с добавлением бактерицида с «ударной» дозировкой.

В целях улучшения эффективности бактерицидной обработки морской воды на НСМ-4 необходимо оборудовать систему обогрева дозирующего устройства и установить трех или пятиуровневую точку воды

на линии закачки реагента для активного смешивания реагента с водой.

### Заключение

Применяемые программы по полномасштабной бактерицидной обработке закачиваемых вод показывают свою актуальность и необходимость дальнейшего их использования для борьбы с СВБ и сероводородом. После бактерицидной обработки наблюдается заметное снижение содержания сероводорода. Снижение концентрации сероводорода свидетельствует об успешной обработке.

Длительное применение только одного реагента без чередования другими типами бактерицидов приводит к эффекту «привыкания». Необходимо обязательное чередование обработок с другим типом бактерицида.

Постоянная дозировка бактерицида при минимальной концентрации реагента ускоряет процесс «привыкания» и снижает эффективность обработки через 8–9 мес (в условиях обработки морской воды на НСМ-4). Рекомендуется применять «ударные» обработки вместо постоянного дозирования реагента.

### Список использованной литературы

1. Муллаев Б.Т., Абитова А.Ж., Саенко О.Б., Туркпенбаева Б.Ж. Месторождение Узень. Проблемы и решения. – Алматы, Нур-Принт, 2016, 425 с. // Mullaev B.T., Abitova A.ZH., Saenko O.B., Turkpenbaeva B.ZH. Mestorozhdenie Uzen'. Problemy i resheniya [Uzen oil field. Problems and solutions]. – Almaty, Nur-Print, 2016, 425 p.
2. Гоник А.А. Сероводородная коррозия и меры её предупреждения. – М., Недра, 1966, 175 с. // Gonik A.A. Serovodorodnaya korroziya i mery eyo preduprezhdeniya [Hydrogen sulfide corrosion and measures to prevent it]. – Moscow, Nedra, 1966, 175 p.
3. Каменщиков Ф.А., Черных Н.Л. Борьба с сульфатвосстанавливающими бактериями на нефтяных месторождениях. – М., Регулярная и хаотическая динамика, 2007, 412 с. // Kamenshchikov F.A., Chernyh N.L. Bor'ba s sul'fatvosstanavlivayushchimi bakteriyami na neftyanyh mestorozhdeniyah [Control of sulfate reducing bacteria in oil fields]. – Moscow, Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika [Regular and Chaotic Dynamics], 2007, 412 p.
4. Отчет по теме «Исследования микробного сообщества нефтяного пласта и изучение возможности применения биотехнологий на месторождении Узень. - Актау, 2019. // Otchet po teme «Issledovaniya mikrobnogo soobshchestva neftyanogo plasta i izuchenie vozmozhnosti primeneniya biotekhnologii na mestorozhdenii Uzen' [Report on the topic "Studies of the microbial community of the oil reservoir and the study of the possibility of using biotechnologies in the Uzen field]. - Aktau, 2019.
5. Информационный бюллетень на тему «Опыт применения бактерицидов на месторождении Узень». – Нур-Султан, ТОО «КМГ Инжиниринг», 2020, 40 с. // Informatsionnyi byulleten' na temu «Opyt primeneniya bakteritsidov na mestorozhdenii Uzen'» [Information

bulletin on the topic «Experience in the use of bactericides at the Uzen field»]. – Nur-Sultan, “KMG Engineering” LLP, 2020, 40 p.

6. Отчет по теме «Изучение биозараженности месторождения Узень, определение эффективности закачки существующих и подбор новых бактерицидов». – Актау, 2015 г. // Otchet po teme «Izuchenie biozarazhennosti mestorozhdeniya Uzen', opredelenie effektivnosti zakachki sushchestvuyushchih i podbor novykh bakteritsidov» [Report on the topic “Study of the biocontamination of the Uzen field, determination of the effectiveness of injection of existing and selection of new bactericides”]. – Aktau, 2015.

7. Гирфанов А.К., Латыпов О.Р., Ахияров Р.Ж., Бугай Д.Е. Использование магнитогиродинамической обработки для подавления жизнедеятельности бактериальной флоры нефтяных месторождений. – Материалы 58-й научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Уфа, Изд-во УГНТУ, 2007, с. 117. // Girfanov A.K., Latypov O.R., Ahiyarov R.ZH., Bugay D.E. Ispol'zovanie magnitogidrodinamicheskoy obrabotki dlya podavleniya zhiznedeyatel'nosti bakterial'noy flory neftyanyh mestorozhdeniy [The use of magnetohydrodynamic treatment to suppress the vital activity of the bacterial flora of oil fields]. – Materialy 58-y nauchno-tekhn. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenykh [Proceedings of the 58th scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists], Ufa, Publ. UGNTU, 2007, 117 p.

8. Краткая информация о месторождении Бурун <https://www.nftn.ru/oilfields/asia/turkmenistan/burun/28-1-0-463>. // Kratkaya informatsiya o mestorozhdenii Burun [Brief information about the Burun field] <https://www.nftn.ru/oilfields/asia/turkmenistan/burun/28-1-0-463>.

9. Отчет по теме «Изучение условий образования трудноразрушаемой нефтяной эмульсии (ТРНЭ) и разработка рекомендаций по её разрушению АО «Озенмунайгаз». – Актау, 2018. // Otchet po teme «Izuchenie uslovii obrazovaniya trudnorazrushaemoy neftyanoy emul'sii (TRNE) i razrabotka rekomendatsiy po eyo razrusheniyu AO «Ozenmunaygaz»» [Report on the topic “Study of the conditions for the formation of a hard-to-break oil emulsion (HBOE) and development of recommendations for its destruction by Ozenmunaigas JSC”]. – Aktau, 2018.

10. Информационный отчет по теме «Мониторинг применения бактерицидов». Актау, апрель 2021. // Informatsionnyy otchet po teme «Monitoring primeneniya bakteritsidov» [Information report on the topic «Monitoring of the use of bactericides»]. Aktau, April, 2021.

11. Аналитический отчет по увеличению эффективности применения бактерицида на НСМ-4 АО «Озенмунайгаз». – Актау, 2021. // Analiticheskiy otchet po uvelicheniyu effektivnosti primeneniya bakteritsida na NSM-4 AO «Ozenmunaygaz» [Analytical report on increasing the efficiency of bactericide application at NSM-4 of «Ozenmunaigas» JSC ]. – Aktau, 2021.

## ӨЗЕН ЖӘНЕ ҚАРАМАНДЫБАС КЕН-ОРНЫНДАҒЫ БИОГЕНДІ КҮКІРТСУТЕГІМЕН КҮРЕСУ ШАРАЛАРЫ

**Б.А. Иманбаев, Н.С. Жапаров, Д.М. Мақсұт, М.С. Утепов**

*Өзен кен-орнында кәсіпшілік орталардың сульфатты қалпына келтіргіш бактериялардың микробиологиялық залалдануын зерттеу мен бақылау мақсатында, реагент-бактерицидтерді қолдану тиімділігіне мониторинг жүргізіледі. Жабдықталған бақылау нүктелерінен бактерицидті айдауға дейін, және одан кейін, сульфатты қалпына келтіргіш бактериялар клеткаларын анықтау үшін су сынамалары алынды.*

*2020 жылғы қараша – желтоқсанда «Өзенмұнайгаз» АҚ кен-орындарында*

күкіртсутегі құрамының ұлғаюына байланысты «ҚазМұнайГаз ҒЗЖИ» Филиалының күштері «Өзенмұнайгаз» АҚ құрылымдық бөлімшелерінің мамандарымен бірлесе отырып, «НСМ-4» нысанының және реагентті айдау торабына техникалық тексеріс жүргізді. Сонымен қатар, түрлі температураларда теңіз суымен бактерицидтің араласуын анықтау мақсатында зертханалық жұмыстар жүргізілді.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша НСМ-4 теңіз суының резервуарларын бактерицидтік өңдеу қажеттілігі, бактерицидті теңіз суымен тиімді араластыру үшін реагентті енгізу нүктесін жетілдіру, «бейімделу» қаупін болдырмау мақсатында бактерицидтерді кезектестіру қажеттілігі мен жаңа тиімді реагенттерге өнеркәсіптік-тәжірибелік сынақтар жүргізу анықталды.

Түйін-сөздер: бактерицид, биогендік күкіртсутек, сульфатты төмендеткіш бактериялар, сульфатредукция, бактерицидтік өңдеу.

## METHODS OF COMBATING BIOGENIC HYDROGEN SULFUR AT THE UZEN AND KARAMANDIBAS OILFIELD

**B.A. Imanbayev, N.S. Zhaparov, D.M. Maksut, M.S. Uteпов**

*In order to study and control microbiological contamination with sulfate-reducing bacteria of oilfield fluids we have monitored the performance of bactericidal reagents at the Uzen field.*

*Water samples were taken at the equipped control points for the content of SRB cells before and after the injection of the bactericide.*

*Due to the increase in the content of hydrogen sulfide in November – December 2020 at the fields of Ozenmunaygas JSC, a technical inspection of the NSM-4 facility and the reagent injection unit was carried out by KazNIPImunaygas together with specialists from the structural divisions of the Department for Oil Treatment and Production Services of OMG and the Office on chemistry and OMG. Further, KazNIPi performed laboratory tests to determine the miscibility of the bactericide with seawater at different temperatures.*

*Based on the results of the studies performed, following recommendations were developed: seawater tank biocide treatment recommendation, biocide injection system and injection point improvement in order to ensure proper mixing of the biocide with seawater. We also recommended to perform field trial of new biocides in order to avoid the development of bactericide resistance in the bacteria.*

*Key words: bactericide, biogenic hydrogen.*

### Информация об авторах

**Иманбаев Бакыт Алтаевич** – директор филиала, [imanbayev\\_b@kaznipi.kz](mailto:imanbayev_b@kaznipi.kz).

**Жапаров Нурлан Султангалиевич** – руководитель службы по борьбе с осложнениями при разработке месторождений, [zhaparov\\_n@kaznipi.kz](mailto:zhaparov_n@kaznipi.kz)

**Максут Динара Максуткызы** – инженер лаборатории промышленной химии, [maksut\\_d@kaznipi.kz](mailto:maksut_d@kaznipi.kz).

**Утепов Максат Сейлханулы** – инженер службы по борьбе с осложнениями при разработке месторождений, [utepov\\_m@kaznipi.kz](mailto:utepov_m@kaznipi.kz).

Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» «КазНИПИМунайгаз», г. Актау, Казахстан