



УДК 553.981.8

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С СЕРОВОДОРОДОМ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ

METHODS OF COMBATING HYDROGEN SULFIDE IN OIL PRODUCTION

Адельгужин Рустам Раилевич

аспирант кафедры «Разработка и эксплуатация газовых и нефтегазоконденсатных месторождений» (РГКМ), Уфимский государственный нефтяной технический университет
adelguzhin.rr@ozna.ru

Ивашов Александр Юрьевич

Заведующий базовой кафедры «Технологии промышленной подготовки газа и конденсата» в составе кафедры «РГКМ», Уфимский государственный нефтяной технический университет
lvashov.ay@ozna.ru

Никольская Валентина Викторовна

Ведущий инженер-конструктор, «НПП-ОЗНА-Инжиниринг»
Nikolskaya.vv@ozna.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные причины появления сероводорода во время эксплуатации скважины, а также приведены основные методы борьбы с сероводородом при добыче нефти.

Ключевые слова: сероводород, сероводородсодержащая нефть, борьба с сероводородом, коррозия, ингибиторы коррозии, химические нейтрализаторы.

Adelguzhin Rustam Railevich

Postgraduate student of the Department «Development and Operation of gas and oil and gas condensate fields» (RGKM), Ufa State Petroleum Technical University
adelguzhin.rr@ozna.ru

Ivashov Alexander Yurievich

Head of the basic department «Technologies of field preparation of gas and condensate» as part of the department «RGKM», Ufa State Petroleum Technical University
lvashov.ay@ozna.ru

Nikolskaya Valentina Viktorovna

Leading Design Engineer, NPP-OZNA-Engineering,
Nikolskaya.vv@ozna.ru

Annotation. This article discusses the main causes of the appearance of hydrogen sulfide during the operation of the well, as well as the main methods of combating hydrogen sulfide in oil production.

Keywords: hydrogen sulfide, hydrogen sulfide-containing oil, hydrogen sulfide control, corrosion, corrosion inhibitors, chemical neutralizers.

В современной нефтепромышленной практике одной из актуальных проблем при добыче сероводородсодержащих нефтей является проблема повышения эффективности эксплуатации и экологической безопасности нефтепромышленных систем, включающих в себя продуктивные пласты, скважины и наземное оборудование.

Особенно актуальна эта проблема в настоящее время, в связи с переходом большинства нефтяных месторождений, в позднюю стадию разработки, которая характеризуется высокой степенью обводненности добываемой продукции (до 75...97 %). В результате закачки больших объемов пресной и сточной воды в продуктивные пласты для поддержания пластового давления происходит их микробиологическое заражение, и сероводород (сероводород вторичного происхождения) появляется даже на тех месторождениях, где его раньше не было [1].

Сероводород обнаруживается не только в сырых нефтях, но и в природных газах и газоконденсатах, добываемых, например, на месторождениях, относящихся к Прикаспийскому нефтегазоносному бассейну (НГБ) – Оренбургское, Астраханское, Исимовское, Беркутовское Карачаганакское, Тенгизское и др.) [2].

Природные газы и нефти различных месторождений могут содержать сернистые соединения в количествах, колеблющихся в широких пределах – от нуля до десятков процентов. Известны нефти, в которых массовая доля серы превышает 10 % [3]. В России и во многих странах мира нефти по содержанию серы делятся на три класса (табл. 1):

Таблица 1 – Классификация нефти по содержанию серы

Содержание серы в нефти, %	Типы нефти
До 0,5	Малосернистые
0,5–1,0	Среднесернистые
1,0–3,0	Сернистые
Более 3,0	Высокосернистые

*Утверждено распоряжением Минприроды России от 01.02.2016 г. № 3-р.



Присутствие в составе пластовой нефти сероводорода (независимо от его происхождения: первичного или вторичного - реликтовый сероводород и биогенный сероводород соответственно) предопределяет ряд серьезных проблем при добыче нефти. Это не только коррозия металла (табл. 2), ухудшение качества нефти, но и закупоривание призабойной зоны скважин (снижение проницаемости), связанное с высокой коррозионной активностью и токсичностью сероводорода.

Таблица 2 – Основные виды коррозии

Основные виды коррозии	
1	Сероводородная коррозия
2	Водородное растрескивание (ВР)
3	Сернистые сероводородное растрескивание под напряжением (СРН)
4	Язвенная коррозия
5	Общая коррозия

Применение различных технологий воздействия на нефтепромысловые системы, таких как бактерицидная обработка; ингибирование с помощью веществ – ингибиторов коррозии; физико-химические способы удаления сероводорода; применение электрохимических методов защиты от коррозии; применение специальных технологических режимов эксплуатации оборудования, а также использование для оборудования легированных коррозионно-стойких сплавов и сталей; использование коррозионно-стойких металлических и неметаллических покрытий (рис. 1) позволяет минимизировать многие негативные последствия наличия сероводорода в составе скважинной продукции [4].

Однако данные методы не полностью устраняют присутствие сероводорода, и до настоящего времени так и не удалось решить эту проблему. Поэтому на сегодняшний день многие отечественные добывающие компании заинтересованы в борьбе с сероводородом и связанными с ним осложнениями при добыче нефти, поскольку это позволит повысить качество продукции, тем самым положительно скажется на экономике предприятия.

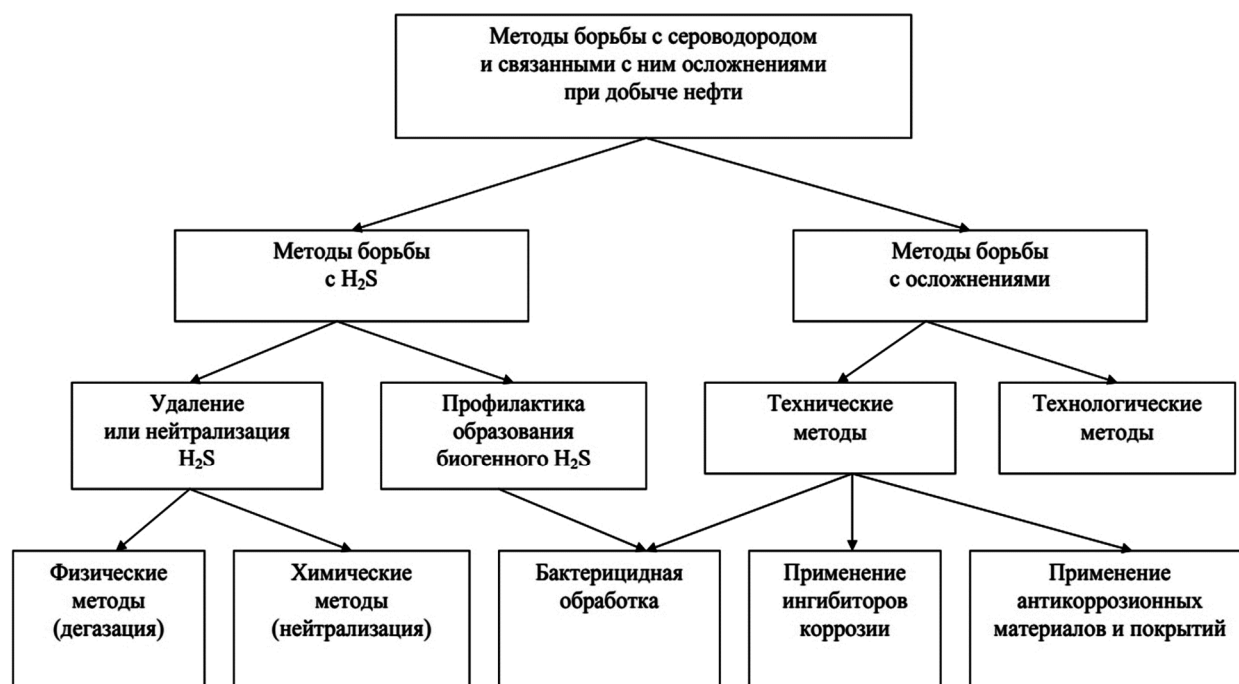


Рисунок 1– Классификация способов борьбы при содержании сероводорода при эксплуатации скважин

Удаление сероводорода из продукции нефтяных скважин возможно двумя путями [5]:

- физическими способами;
- химическими методами нейтрализации сероводорода.

Среди физических способов, оснащающихся на десорбции молекул сероводорода в газовую фазу, выделяют три основных:

- сепарацию;
- ректификацию;
- отдувку.



Физические способы извлечения сероводорода из продукции нефтяных скважин используют при промысловой подготовке нефти. При подготовке нефтей с небольшим содержанием сероводорода и при небольших газовых факторах процесс сепарации эффективен, так как удаляется основное количество сероводорода из продукции скважин. Для повышения степени извлечения сероводорода из нефти при ее сепарации, а также как самостоятельный способ очистки нефти от сероводорода применяют способ отдувки нефти углеводородным газом, реализуемый в специальных аппаратах колонного типа [6]. Для нефтей с высоким содержанием сероводорода его удаление может быть достигнуто применением способа ректификации нефти. Процесс ректификации нефти позволяет получить низкое содержание сероводорода в товарной нефти при малых ее потерях [7].

Одной из технологий по предотвращению образования отложений сульфида железа в добывающих скважинах на поздней стадии разработки нефтяных месторождений, является, предложенный в работе [1] естественно существующий и находящийся выше приемного окна насоса слой нефти в качестве плавающего сменного фильтра-накопителя («жидкого пакера»). «Жидкий пакер» служит для предотвращения попадания осыпающихся из газовой среды межтрубного пространства скважины (выше динамического уровня) продуктов коррозии в ЭЦН. Функция данного пакера состоит в накоплении твердых частиц в фильтре, накопившиеся загрязнения удаляются при помощи прямой промывки скважины.

Химические методы основаны на экстракции сероводорода растворами химических реагентов-поглотителей. Данные методы удаления сероводорода в продукции нефтяных скважин делятся на 3 основных группы [8]:

- нейтрализация с получением органических соединений серы (сульфидов, меркаптанов, дисульфидов);
- нейтрализация с получением неорганической соли (сульфида, сульфита, сульфата);
- окислительно-восстановительный метод с получением серы.

В пример можно привести наиболее эффективные химические нейтрализаторы – гидроксипропилендиаминтриуксусную кислоту HEDTA-Na₃ (Dissolvine H-40) и гидроксипропилидендифосфоновую кислоту (СНПХ-5314Н) [9]. Эффективность данных химических реагентов (комплексонов) представлена на рисунке 2.

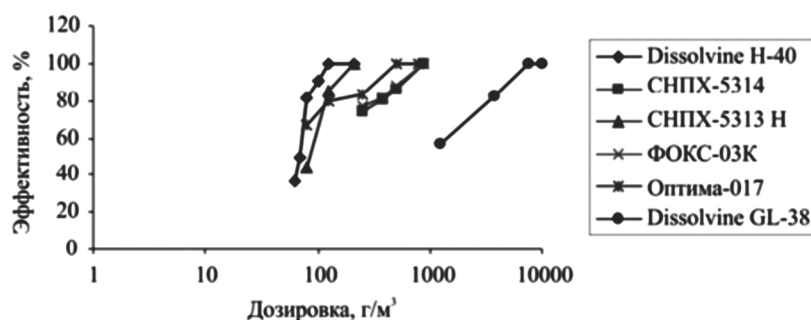


Рисунок 2 – Эффективность действия комплексонов в сероводородсодержащей среде при $[Fe^{2+}] = 65,92 \text{ мг/дм}^3$, $t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$

Dissolvine H-40 является ацетатным соединением, а СНПХ-5313Н – соединение, содержащий фосфонат. В исследовании работы [9] наиболее подробно раскрыты каждые ингибиторы и их химические свойства.

Выбор метода удаления сероводорода определяется с точки зрения технологической и экономической эффективности, и отсутствием побочных явлений в процессах добычи, транспорта и подготовки нефти. Для удаления сероводорода в продукции добывающих скважин применение химических реагентов с получением органических соединений серы считается наиболее эффективным [8].

Борьба с сероводородом и связанными с ним осложнениями в процессах добычи, сбора и подготовки скважинной продукции предполагает системный подход к выбору ее технологии. При выборе способов и методов борьбы с сероводородом в каждом конкретном случае необходимо, прежде всего, определить его происхождение и причину появления в продукции нефтяных скважин, а также конкретные условия эксплуатации всех элементов нефтепромысловой системы «пласт-скважина-оборудование».

Список литературы:

1. Мухаметшин М.М., Рогачев М.К. Повышение эффективности эксплуатации нефтепромысловых систем на месторождениях сероводородсодержащих нефтей. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2001. – 127 с.
2. Мазгаров А.М., Корнетова О.М. Сернистые соединения углеводородного сырья. – Казань : Казан. ун-т, 2015. – С. 5–36.



3. Байманова А.Е., Жакупова Г.Ж. Серосодержащие соединения нефти и основные методы очистки нефти и нефтяных фракций от них: учеб. пособие. – 2010. – С. 5–37.
4. Биохимические аспекты сероводородной коррозии нефтегазового оборудования и способы борьбы с ней / А.А. Гоник [и др.] // Башкирский химический журнал. – 2008. – Т. 7. – № 6. – С. 71–75.
5. Резяпова И.Б. Сульфатвосстанавливающие бактерии при разработке нефтяных месторождений. – Уфа : Гилем, 1997. – 51 с.
6. Энергосберегающая технология очистки газа / А.И. Афанасьев [и др.] // Повышение эффективности процессов переработки газа и газового конденсата: Сборник научных трудов. – М. : ВНИИГАЗ, 1995. – Ч. 1. – С. 19–26.
7. Эксплуатация залежей и подготовка нефти с повышенным содержанием сероводорода / Г.Н. Позднышев [и др.] // Обзор, информ. Сер. Нефтепромысловое дело. – М. : ВНИИОЭНГ. – 1984. – Вып. 16 (88). – 84 с.
8. Масланов А.А. Предотвращение осложнений при добыче высокосернистой нефти // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 11.
9. Исследование эффективности нейтрализации в нефти сероводорода химическими реагентами / Р.З. Сахабутдинов [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 7. – С. 66–69.

List of references:

1. Mukhametshin M.M., Rogachev M.K. Increasing the efficiency of oilfield systems operation in the fields of hydrogen sulfide-bearing oils. – Ufa : Publishing house USNTU, 2001. – 127 p.
2. Mazgarov A.M., Kornetova O.M. Sulfur compounds of hydrocarbon raw materials. – Kazan : Kazan. univ., 2015. – P. 5–36.
3. Baimanova A.E., Zhakupova G.Zh. Sulfur-containing compounds of oil and the main methods of purification of oil and oil fractions from them: a training manual. – 2010. – P. 5–37.
4. Biochemical aspects of the hydrogen sulphide corrosion of the oil-and-gas equipment and methods of struggle against it / A.A. Gonik [et al.] // Bashkir chemical journal. – 2008. – V. 7. – № 6. – P. 71–75.
5. Rezyapova I.B. Sulfate-reducing bacteria in development of oil fields. – Ufa : Gilem, 1997. – 51 с.
6. Energy-saving technology of gas purification / A.I. Afanasyev [etc.] // Effectiveness increase of gas and gas condensate processing: Collection of scientific papers. – M. : VNIIGAS, 1995. – Part. 1. – P. 19–26.
7. Exploitation of deposits and preparation of oil with the increased hydrogen sulphide content / G.N. Pozdnyshv [et al.] // Review, inform. Ser. petroleum field business. – M. : VNIIOENG. – 1984. – Vyp. 16 (88). – 84 p.
8. Maslanov A.A. Prevention of complications during extraction of high-sulfur oil // Modern Science-Intensive Technologies. – 2005. – № 11.
9. Research of efficiency of hydrogen sulfide neutralization in oil by chemical reagents / R.Z. Sahabutdinov [and other] // Oil economy. – 2009. – № 7. – P. 66–69.