

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2020.4.206-216>

УДК 622.276.8

Технологии очистки нефти от сероводорода на объектах ПАО «Татнефть»

Шипилов Д.Д., Шаталов А.Н., Гарифуллин Р.М., Соловьев В.В.

Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия

Hydrogen sulphide stripping technologies used at TATNEFT's assets

D.D. Shipilov, A.N. Shatalov, R.M. Garifullin, V.V. Soloviev

TatNIPIneft Institute, Bugulma, Russia

E-mail: shipilov@tatnipi.ru.

Аннотация: Необходимость очистки нефти от сероводорода на промысловых объектах обусловлена введением в действие требований ГОСТ Р 51858-2002, ограничивающих сдачу товарной нефти с массовой долей сероводорода 100 и 20 ppm. Указанная проблема наиболее актуальна для ПАО «Татнефть» вследствие того, что в систему ПАО «Транснефть» компанией ранее осуществлялась сдача порядка 16 млн. тонн в год товарной нефти с массовой долей сероводорода, превышающей нормативные требования. Для решения проблемы в выборе оптимальных технологий очистки нефти в ПАО «Татнефть» был использован дифференцированный подход, учитывающий условия эксплуатации каждого нефтепромыслового объекта. Для каждого объекта компании подобрана оптимальная технология очистки с учётом условий эффективного их применения. Отработка и оптимизация технологических параметров установок очистки нефти позволили обеспечить требуемое её качество с минимальными затратами.

На семи объектах реализована технология отдувки сероводорода из нефти углеводородным газом в десорбционной колонне. На установке подготовки нефти (УПН) НГДУ «Бавлынефть» реализована технология горячей вакуумной сепарации нефти, на установке подготовки высокосернистой нефти (УПВСН) «Кутема» НГДУ «Нурлатнефть» - технология прямого окисления сероводорода в нефти кислородом воздуха в присутствии водно-аммиачного раствора с фталоцианиновым катализатором. Технология нейтрализации используется для очистки нефти с УПВСН «Андреевка», УПСВН «Каменка» НГДУ «Нурлатнефть» и доочистки нефти после вакуумной сепарации на УПН НГДУ «Бавлынефть». Реализация технологий очистки нефти на промысловых объектах

ПАО «Татнефть» позволила снизить массовую долю сероводорода в нефти, поступающей на объединенный узел учёта, до значений ниже 100 ppm.

Ключевые слова: сероводород, кислород, вакуум, колонна, реагенты, углеводородный газ, нейтрализатор

Для цитирования: Шипилов Д.Д., Шаталов А.Н., Гарифуллин Р.М., Соловьев В.В. Технологии очистки нефти от сероводорода на объектах ПАО «Татнефть»//Нефтяная провинция.-2020.-№4(24).-С.206-216. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2020.4.206-216>

Abstract. Need for H₂S stripping at field facilities is dictated by the requirements of GOST R 51858-2002 standard which limit H₂S content in sales oil by 100 and 20 ppm. This is a pressing challenge for TATNEFT Company since in previous years it transferred over 16 mln tonnes of oil per year to PJSC Transneft with H₂S concentration over the acceptable limits. To select the best technologies for H₂S removal from oil, a differential approach has been used to consider operating conditions at all field facilities. An optimum H₂S stripping method has been selected for each facility with due regard for its effective application environment. Adjustment and optimization of oil treatment plant operational parameters provided the required oil quality at minimal costs.

H₂S stripping method has been used at seven facilities. Hot vacuum oil separation technology has been used at Bavlyneft's oil treatment facility, and technology of direct H₂S oxidation with ambient oxygen in the presence of ammonia solution with phthalocyanine catalyst has been used at Kutema sour crude oil treatment facility of NGDU Nurlatneft. H₂S scavengers are used for treating oil from Andreevka and Kamenka sour crude oil treatment facilities and for advanced treatment of oil after vacuum separation at Bavlyneft's oil treatment unit. Implementation of these technologies at TATNEFT's assets has allowed to reduce H₂S content in oil that is transferred to the central metering station to less than 100 ppm.

Key words: hydrogen sulphide, oxygen, vacuum, stripping column, chemicals, hydrocarbon gas, H₂S scavenger

For citation: D.D. Shipilov, A.N.Shatalov, R.M. Garifullin, V.V. Soloviev Tehnologii ochistki nefti ot serovodoroda na ob#ektah PAO «Tatneft'» [Hydrogen sulphide stripping technologies used at TATNEFT's assets]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(24), 2020. pp.206-216. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2020.4.206-216> (in Russian)

Проблема очистки нефти от сероводорода приобрела актуальность с введением в действие требований ГОСТ Р 51858-2002, ограничивающих её сдачу с массовой долей сероводорода, превышающей 20 и 100 ppm в зависимости от вида подготавливаемой нефти. До ввода в действие указанных требований суммарная доля товарной нефти ПАО «Татнефть» с концентрацией сероводорода, превышающей 400 ppm, составляла порядка 70 % от общего объёма сдаваемой сероводородсодержащей нефти (Рис. 1).

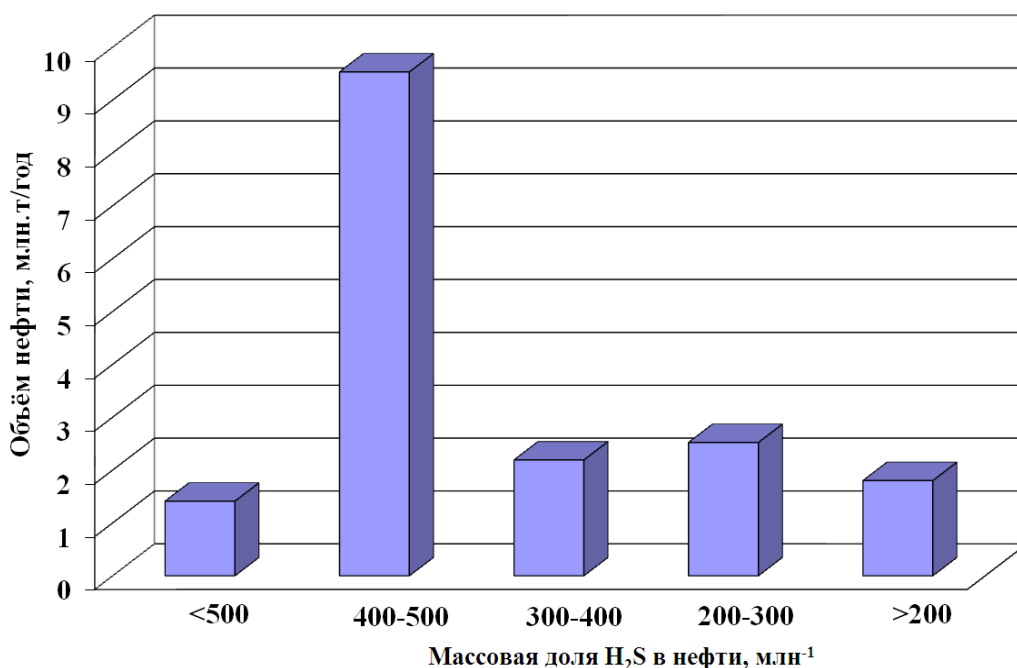


Рис. 1. Данные по массовой доле сероводорода в товарной нефти ПАО «Татнефть»

Существующие методы удаления сероводорода из нефти условно можно разделить на физические, химические и комбинированные. Физические основаны на десорбции сероводорода из нефти в газ, а именно, сепарация, включая вакуумную, ректификация, отдувка углеводородным газом в десорбционной колонне. Химические основаны на нейтрализации или связывании сероводорода химическими реагентами и окислении кислородом. Комбинированные сочетают использование физических и химических методов [1, 2].

Одним из наиболее эффективных физических методов, позволяющих снизить массовую долю сероводорода в нефти ниже 20 ppm, является отдувка газом в десорбционной колонне (Рис. 2).

В верхнюю часть колонны отдувки 1 подаётся сероводородсодержащая нефть, в нижнюю часть – газ, не содержащий сероводород [3]. В соответствии с фазовым равновесием сероводород частично переходит из нефти в состав газа отдувки. Нефть, очищенная от сероводорода, с нижней части колонны отдувки поступает в буферные ёмкости 2 и далее насосом 3 откачивается на узел учёта. Газ, насыщенный сероводородом, через холодильник 4 и конденсатосборник 5 поступает на установку сероочистки. Областью эффективного

применения технологии отдувки являются объекты с массовой долей сероводорода в нефти более 300 ppm, оборудованные системой газосбора с возможностью транспорта газа с колонны отдувки до установки сероочистки [4].

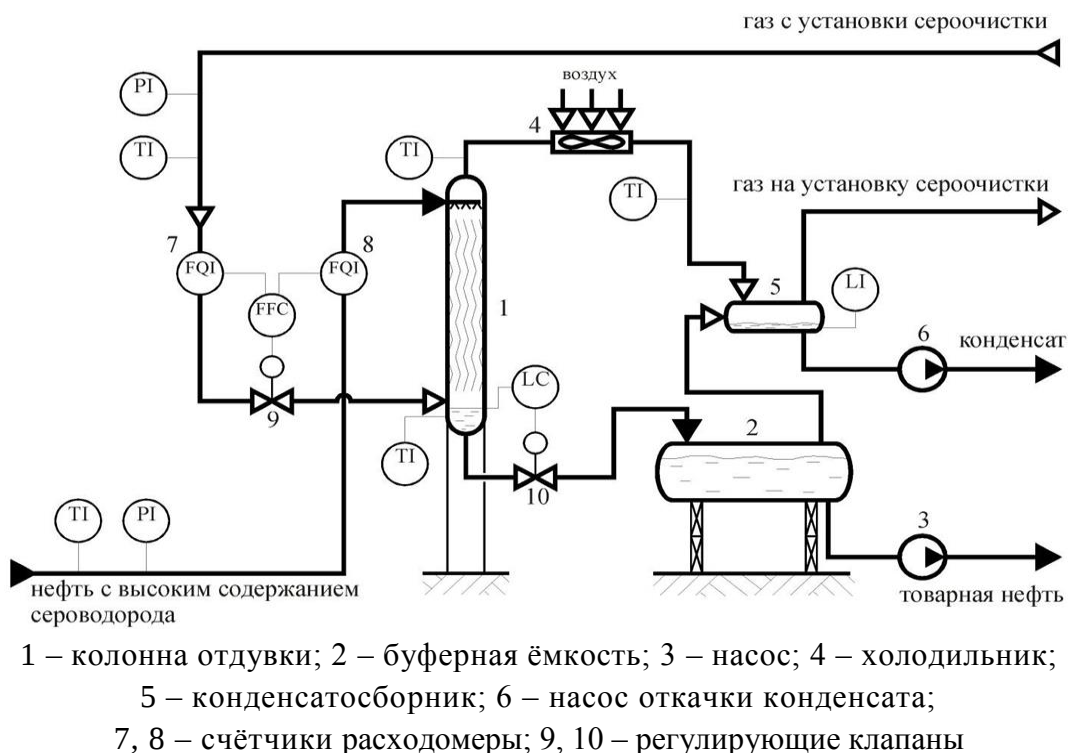
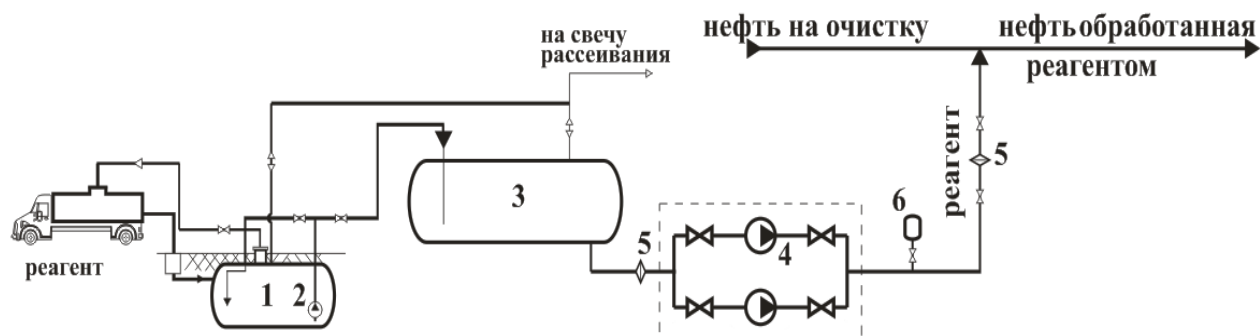


Рис. 2. Схема узла отдувки сероводорода из нефти газом в десорбционной колонне

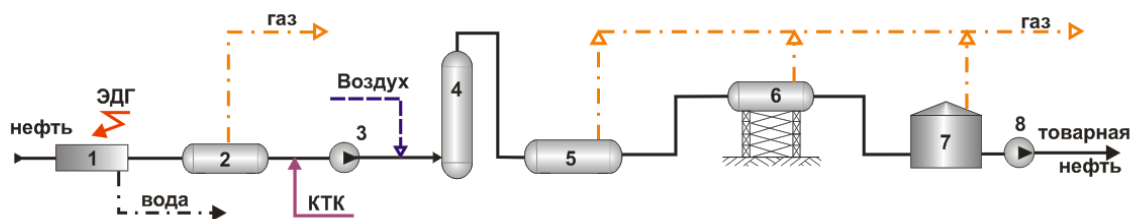
Для очистки нефти возможно использовать технологию нейтрализации сероводорода химическими реагентами (Рис. 3). Из автоцистерн реагент сливается в подземную ёмкость 1, из которой погружным насосом 2 закачивается в наземную ёмкость 3 для его хранения. Из ёмкости 3 реагент поступает на приём насосов-дозаторов 4 и далее через фильтр 5 подаётся в нефть. Для сглаживания пульсаций давления на выкидном трубопроводе подачи реагента расположен воздушный колокол 6. При смешении реагента с нефтью происходит взаимодействие реагента с сероводородом, находящимся в нефти, далее смесь поступает в буферные ёмкости. Время реакции должно составлять не менее 3-5 часов. Из буферных емкостей очищенная от сероводорода нефть поступает на узел учета. В настоящее время наиболее эффективными являются реагенты на основе амино-формальдегидной композиции [5, 6].



1 – ёмкость для приёма реагента; 2, 4 – насос; 3 – ёмкость для хранения реагента; 5 – фильтр; 6 – воздушный колокол

Рис. 3. Схема узла дозирования химических реагентов

Для очистки нефти в условиях отсутствия системы газосбора и высокой концентрации сероводорода используется технология прямого его окисления кислородом в присутствии водно-аммиачного раствора с фталоцианиновым катализатором (Рис. 4).



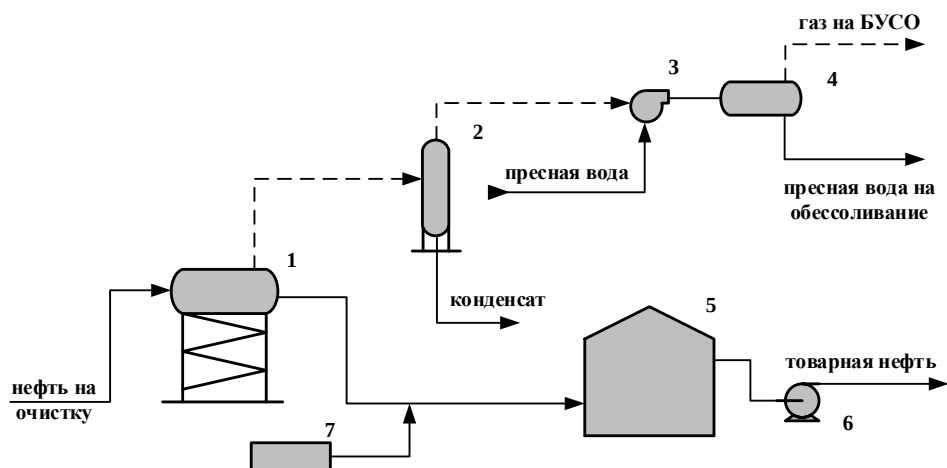
1 – электродегидратор; 2 – буферная ёмкость; 3, 8 – насос; 4 – реактор; 5, 6 – сепаратор; 7 – резервуар

Рис. 4. Схема установки прямого окисления сероводорода кислородом воздуха в присутствии каталитического комплекса (КТК)

В нефть после буферной ёмкости насосом-дозатором подается расчётное количество КТК [7]. Смесь нефти и КТК насосом 3 подаётся в реактор 4. Перед реактором в нефть подаётся расчётное количество воздуха. В реакторе поддерживается избыточное давление около 1,5 МПа для полного растворения кислорода в нефти. Температура нефти в реакторе не менее 55-60 °С. Из реактора реакционная смесь поступает в сепараторы 5, 6 и резервуары 7. Очищенная от сероводорода нефть насосом 8 подаётся на узел учета. Газ, выделившийся в сепарационном оборудовании, подаётся на печи или факел. Предпочтительной областью применения технологии яв-

ляются объекты с массовой долей сероводорода в нефти более 300 млн^{-1} , не оборудованные системой газосбора. Использование технологии прямого окисления позволяет снизить массовую долю сероводорода в нефти до значений ниже 20 ppm .

Технология горячей вакуумной сепарации нефти с использованием водокольцевого насоса используется на УПН НГДУ «Бавлынефть» (Рис. 5).



- 1 – сепаратор; 2 – газосепаратор; 3 – водокольцевой насос; 4 – газоводоотделитель;
5 – резервуар; 6 – насос; 7 – узел нейтрализации

Рис. 5. Схема вакуумной сепарации нефти с использованием водокольцевого насоса

Нефть поступает в сепаратор 1 концевой сепарационной установки (КСУ), где при вакууме 10-15 кПа осуществляется процесс сепарации [8]. Газ сепарации через газосепаратор 2 поступает на приём водокольцевого насоса 3, в который в качестве рабочего агента подаётся пресная вода. Газоводяная смесь с выкида водокольцевого насоса поступает в газоводоотделитель 4, в котором осуществляется отделение газа от воды. При этом газ поступает на установку сероочистки либо используется на технологические нужды, вода подаётся на обессоливание. Очищенная от сероводорода нефть поступает в резервуары 5 товарной нефти, откуда она насосом 6 откачивается на узел учёта. С узла нейтрализации в нефть перед резервуарами 5 пода-

ется расчётное количество реагента для доочистки нефти. Реализация технологии с использованием водокольцевого насоса позволила снизить расход реагента на УПН НГДУ «Бавлынефть» на 460 т/год. Чистый дисконтируемый доход (ЧДД) за расчётный период составил 105,7 млн.руб. Срок окупаемости – 3,7 года.

В целом, технология отдувки сероводорода из нефти углеводородным газом в десорбционных колоннах реализована на семи объектах ПАО «Татнефть», технология прямого окисления используется на УПВСН «Кутема», вакуумная сепарация – на УПН НГДУ «Бавлынефть» (Рис. 6).

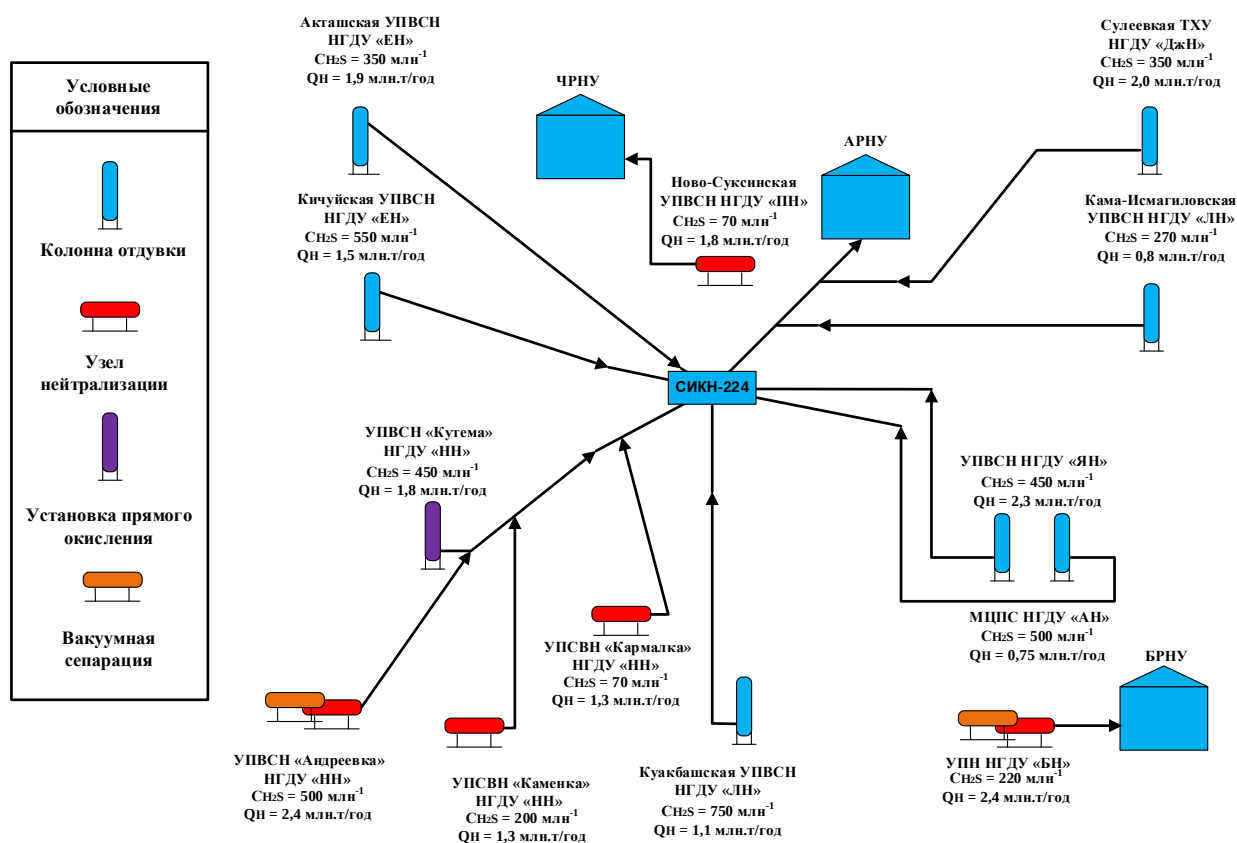


Рис. 6. Схема сбора высокосернистой нефти в ПАО «Татнефть»

Технология нейтрализации применяется для очистки нефти с УПВСН «Андреевка» и УПВСН «Каменка», а также для доочистки нефти после вакуумной сепарации на УПН НГДУ «Бавлынефть».

На рис. 7 представлена динамика изменения массовой доли сероводорода в нефти, поступающей на СИКН-224.

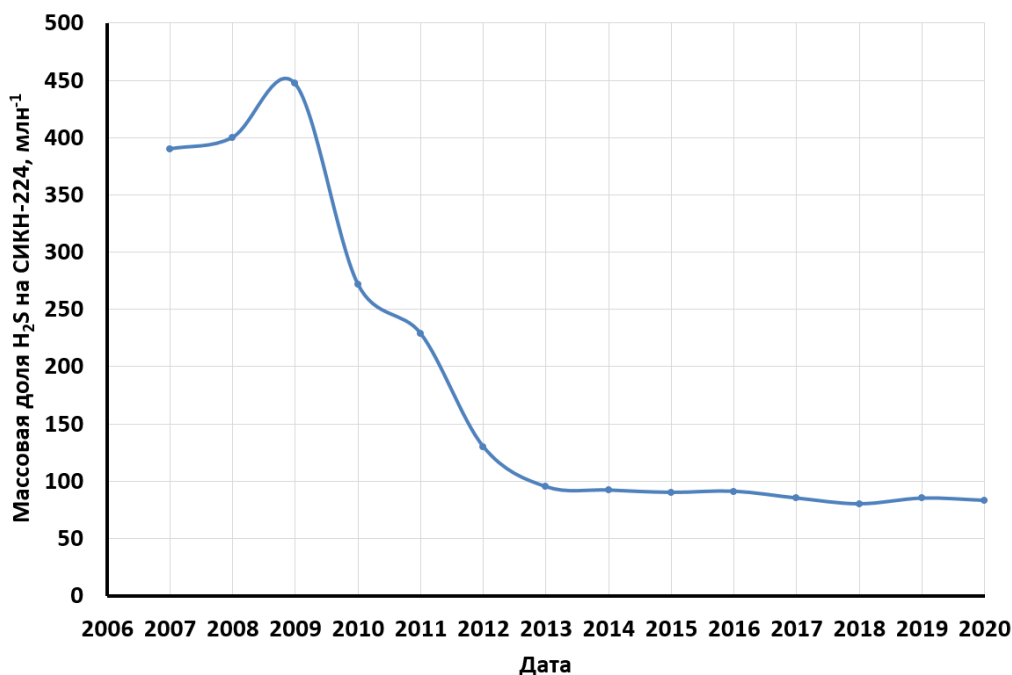


Рис. 7. Динамика изменения массовой доли сероводорода в нефти на СИКН-224

С 2002 по 2013 года требования ГОСТ Р 51858-2002 были факультативными, т.е. носили рекомендательный характер. Начиная с 2009 года, постепенно начали вводить в эксплуатацию узлы отдувки, что позволило существенно снизить массовую долю сероводорода в нефти на объединенном узле учёта нефти СИКН-224. В конце 2012 года введены в эксплуатацию узлы нейтрализации на УПВСН «Андреевка» и УПН НГДУ «Бавлынефть». С 1 января 2013 года вступили в действия требования, ограничивающие сдачу товарной нефти с массовой долей сероводорода, превышающей 100 ppm. С данного периода на всех УПВСН были введены в эксплуатацию установки очистки, что позволило на СИКН-224 стабильно поддерживать концентрацию сероводорода в нефти на уровне 80-90 ppm.

Выводы

1. Для очистки нефти от сероводорода на УПВСН ПАО «Татнефть» реализованы следующие технологии:
 - отдувка сероводорода из нефти углеводородным газом в десорбционных колоннах;

- горячая вакуумная сепарация нефти;
 - нейтрализация сероводорода химическими реагентами;
 - прямое окисление сероводорода кислородом воздуха.
2. Реализация технологий очистки нефти позволила снизить массовую долю сероводорода до требований ГОСТ Р 51858-2002.
 3. При выборе технологий очистки нефти от сероводорода использовался дифференцированный подход, учитывающий условия эксплуатации каждого нефтепромыслового объекта.
 4. Оптимизация технологий очистки нефти позволила минимизировать затраты по доведению концентрации сероводорода в товарной нефти до требований ГОСТ Р 51858-2002.

Список литературы

1. Очистка нефти от сероводорода в ОАО «Татнефть» / Н.Г. Ибрагимов, Р.З. Сахабутдинов, А.Н. Шаталов, Д.Д. Шипилов, Р.М. Гарифуллин // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 7. – С. 58-61.
2. Технологии очистки нефти от сероводорода / Р.З. Сахабутдинов, А.Н. Шаталов, Р.М. Гарифуллин, Д.Д. Шипилов, Р.Р. Мухаметгалеев // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 7. – С. 82-85.
3. Технология подготовки сероводородсодержащей нефти и нефтяного газа на Куакбашском центральном сборном пункте / А.А. Ануфриев, А.Н. Шаталов, Д.Д. Шипилов, Р.М. Гарифуллин // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2014. - №6. – С.40-43.
4. Условия применимости технологии очистки нефти от сероводорода методом отдувки / Р.З. Сахабутдинов, Д.Д. Шипилов, А.Н. Шаталов, Р.М. Гарифуллин // Технологии нефти и газа. – 2007. – № 4. – С. 3-9.
5. Исследования эффективности нейтрализации сероводорода в нефти химическими реагентами / Р.З. Сахабутдинов, А.Н. Шаталов, Р.М. Гарифуллин, Д.Д. Шипилов, А.А. Ануфриев // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 7. – С. 66-69.
6. Исследование реагентов-нейтрализаторов сероводорода для очистки нефти на объектах ОАО «Татнефть» / Н.Г. Ибрагимов, Д.Д. Шипилов, А.З. Мингазова, Т.В. Ибряева, А.Н. Шаталов // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 7. – С. 52-54.
7. Мазгаров, А.М. Установка очистки нефти от низкомолекулярных меркаптанов и сероводорода [Текст] / А.М. Мазгаров, А.Ф. Вильданов, В.Н. Салин // Материалы научно-практической конференции «Нефтепереработка и нефтехимия». – Уфа. – 2003. – С.33-34.
8. Повышение эффективности десорбционной очистки нефти от сероводорода на установке подготовки нефти НГДУ «Бавлынефть» / Д.Д. Шипилов, А.Н. Шаталов, В.В. Соловьев, Н.Г. Ибрагимов // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть / ПАО «Татнефть». – М. : Нефтяное хозяйство, 2018. – Вып. 86. – С. 271-277.

References

1. N.G. Ibragimov, R.Z. Sakhabutdinov, A.N. Shatalov, D.D. Shipilov, R.M. Garifullin *Ochistka nefti ot serovodoroda v OAO Tatneft* [H₂S stripping at TATNEFT assets]. Neftyanoye Khozyaistvo, 2013, No.7, pp.58-61 (in Russian)
2. R.Z. Sakhabutdinov, A.N. Shatalov, R.M. Garifullin, D.D. Shipilov, R.R. Mukhametgaleev *Tekhnologii ochistki nefti ot serovodoroda* [H₂S stripping technologies]. Neftyanoye Khozyaistvo, 2008, No.7, pp.82-85 (in Russian)
3. A.A. Anufriev, A.N. Shatalov, D.D. Shipilov, R.M. Garifullin *Tekhnologiya podgotovki serovodorodsoderzhashchej nefti i neftyanogo gaza na Kuak-bashskom central'nom sbornom punkte* [Sour crude oil and petroleum gas treatment technology used at Kuak-bashsky central processing facility]. Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa, 2014, No.6, pp.40-43 (in Russian)
4. R.Z. Sakhabutdinov, D.D. Shipilov, A.N. Shatalov, R.M. Garifullin *Usloviya primenimosti tekhnologii ochistki nefti ot serovodoroda metodom otduvki* [Applicability of H₂S removal via stripping]. Tekhnologii nefti i gaza, 2007, No.4, pp.3-9 (in Russian)
5. R.Z. Sakhabutdinov, A.N. Shatalov, R.M. Garifullin, D.D. Shipilov, A.A. Anufriev *Issledovaniya effektivnosti nejtralizacii serovodoroda v nefti himicheskimi reagentami* [Analysis of efficiency of H₂S neutralization using chemicals]. Neftyanoye Khozyaistvo, 2009, No.7, pp.66-69 (in Russian)
6. N.G. Ibragimov, D.D. Shipilov, A.Z. Mingazova, T.V. Ibryaeva, A.N. Shatalov *Issledovanie reagentov-nejtralizatorov serovodoroda dlya ochistki nefti na objektah OAO Tatneft* [Studying H₂S scavenging agents for oil treatment at TATNEFT's assets]. Neftyanoye Khozyaistvo, 2014, No.7, pp.52-54 (in Russian)
7. A.M. Mazgarov, A.F. Vildanov, V.N. Salin *Ustanovka ochistki nefti ot nizkomolekulyarnyh merkaptanov i serovodoroda* [Oil treatment unit for removal of low molecular weight mercaptans and H₂S]. Proceedings of the Conference "Petroleum refining and petrochemistry". Ufa, 2003, pp.33-34 (in Russian)
8. D.D. Shipilov, A.N. Shatalov, V.V. Soloviev, N.G. Ibragimov *Povyshenie effektivnosti desorbcionnoj ochistki nefti ot serovodoroda na ustanovke podgotovki nefti NGDU «Bavlyneft'»* [Improving efficiency of H₂S stripping at Bavlyneft's oil treatment facility]. Moscow, Neftyanoye Khozyaistvo, 2018, vol.86, pp.271-277 (in Russian)

Сведения об авторах

Шипилов Дмитрий Дмитриевич, кандидат технических наук, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32
E-mail: shipilov@tatnipi.ru

Шаталов Алексей Николаевич, кандидат технических наук, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32
E-mail: shatalov@tatnipi.ru

Гарифуллин Рафаэль Махасимович, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32
E-mail: garifullin@tatnipi.ru

Соловьев Валерий Владимирович, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32
E-mail: svv@tatnipi.ru

Authors

D.D. Shipilov, PhD, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT
32, Musa Jalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: shipilov@tatnipi.ru

A.N. Shatalov, PhD, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT
32, Musa Jalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: shatalov@tatnipi.ru

R.M. Garifullin, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT
32, Musa Jalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: garifullin@tatnipi.ru

V.V. Soloviev, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT
32, Musa Jalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: svv@tatnipi.ru

Статья поступила в редакцию 03.11.2020
Принята к публикации 17.12.2020
Опубликована 30.12.2020