

# Эволюция инженерных решений по обращению с сероводородом при переработке нефти

К.О. Сибряева

Филиал Самарского государственного технического университета, Сызрань, Россия

**Обоснование.** На крупных нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) потоки сероводородного газа образуются в результате гидроочистки топлив и масел. Сероводород является токсичным веществом 2-го класса опасности [1].  $H_2S$  вызывает коррозию, что снижает надежность работы технологического оборудования, поэтому тема поиска инженерных решений по обращению с этим газом крайне актуальна для всех крупных НПЗ России.

**Цель** — выполнить анализ развития инженерных решений по обращению с сероводородом на крупных предприятиях по переработке нефти.

**Методы.** Главным методом исследования в данной работе является анализ учебной, научной литературы, информационно-технических справочников ИТС НДТ «Переработка нефти», проработка санитарных правил и норм — СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», а также патентов по способам утилизации сероводорода.

Для разработки принципиальной технологической схемы наиболее перспективного экологичного способа утилизации сероводорода был применен метод проектного моделирования в программе «Компас».

**Результаты.** Выявлена эволюция инженерных решений по обращению с сероводородом при переработке нефти.

1. Выбросы в атмосферу, сжигание на факелах. Практика прекращена ввиду высокой токсичности сероводорода (ПДК м.р. 0,008 мг/м<sup>3</sup>).

2. Метод Клауса — двухэтапное окисление сероводорода до диоксида и триоксида серы и абсорбция газа раствором серной кислоты. Процесс многостадийный и опасный, имеются многочисленные публикации о канцерогенности технологических процессов с применением серной кислоты [2].

3. Адсорбционные методы очистки сероводорода активными углями, цеолитами, гидроксидом железа. На практике эти методы мало применимы [3].

4. Прямое каталитическое окисление сероводорода в элементную серу. Процесс осуществляется в реакторе с кипящим слоем алюмо-магний-хромового катализатора ИК-12-72 при температуре 220–300 °С (1).



Данный способ применяется в настоящее время на 14 российских НПЗ, в справочнике ИТС НДТ «Переработка нефти 30–21» приводится в качестве наилучшей доступной технологии [3].

5. Получение полимерной серы. Используется в резино-технической промышленности, является ценным продуктом (цена комовой серы 5000 руб./т, цена полимерной серы 300 000 руб./т).

6. Низкотемпературная каталитическая деструкция сероводорода с получением водорода и двухатомной серы. На данный момент наиболее перспективный, экологически целесообразный способ утилизации сероводорода. Процесс разложения сероводорода осуществляется при температуре 0–35 °С, в качестве катализатора используют стружку нержавеющей стали марок 12X18H10T и 08X18H10T толщиной 0,1–0,2 мм и длиной 1,5–5,5 мм, сорбентом серы выступает  $\gamma-Al_2O_3$  [1]. Десорбентом серы является азот при температуре 140–160 °С [4].

По формуле изобретения патента в программе «Компас» разработана принципиальная технологическая схема утилизации сероводорода с получением водорода и серы (рис. 1).

**Выводы.** 1. К экологически нецелесообразным, морально устаревшим способам утилизации сероводорода на НПЗ относятся прямые выбросы в атмосферу, сжигание на факелах, практика использования перечисленных процессов должна быть полностью прекращена.

2. Способ преобразования сероводорода в серную кислоту, широко используемый в настоящее время, экологически нецелесообразен, так как серная кислота является коррозионно-активным и токсичным веществом 2-го класса опасности, а процессы производства серной кислоты относятся к канцерогеноопасным.

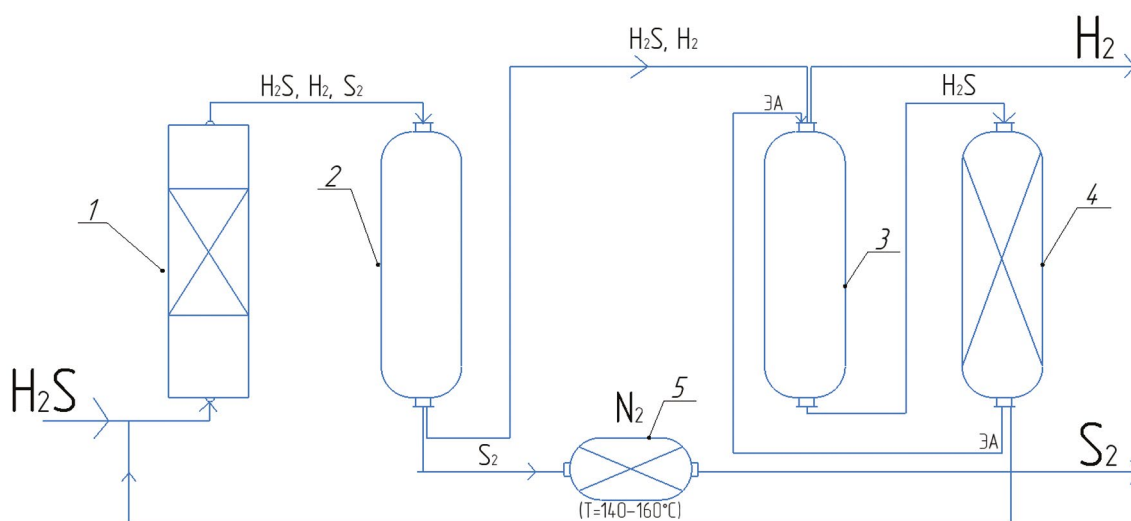


Рис. 1. Разработанная принципиальная технологическая схема разложения сероводорода на водород и серу

3. Адсорбционные методы очистки от сероводорода имеют больше недостатков, чем преимуществ, поэтому они мало применимы.

5. Производство полимерной и гранулированной серы — технология, применяемая на ряде НПЗ, является наилучшей доступной в настоящее время.

6. Перспективный процесс — это прямое каталитическое окисление сероводорода в элементарную серу при температуре 220–300 °С.

7. Наиболее перспективный, экологически целесообразный способ утилизации сероводорода — низкотемпературная каталитическая деструкция сероводорода на металлическом катализаторе, однако данный способ требует доработки.

**Ключевые слова:** утилизация сероводорода; серная кислота; сера; НДТ; каталитическая деструкция.

## Список литературы

- 55.rospotrebnadzor.ru [Электронный ресурс]. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [дата обращения: 25.01.2024]. Режим доступа: <https://55.rospotrebnadzor.ru/Files/СанПин%203685.pdf>
- Никитина Е.Н., Киселева Е.А. Технологическое управление канцерогенными рисками в промышленности: стратегия и тактика // Экология промышленного производства. 2018. № 4. С. 26–31. EDN: YPHBUL
- burondt.ru [Электронный ресурс]. Справочник ИТС НДТ 30-2021 Переработка нефти [дата обращения: 16.02.2024]. Режим доступа: <https://burondt.ru/NDT>
- Патент № 2600375 РФ, МПК С01В 17/04 (2006.01). Андреев О.П., Омаров М.А., Саркаров Р.А., и др. Способ низкотемпературного разложения сероводорода с получением водорода и серы.
- Старцев А.Н. Сероводород как источник получения водорода: возможное решение проблемы потепления климата // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2016. Т. 1, № 5. С. 96–98.
- Никитина Е.Н. Защита окружающей среды от техногенных воздействий: учебное пособие. Самара: СамГТУ, 2017.
- Никитина Е.Н. Экологические требования по обеспечению химической безопасности при разработке промышленных технологий / Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, № 5. С. 57–63. EDN: YPJTMP doi: 10.18412/1816-0395-2017-5-57-63

*Сведения об авторах:*

**Ксения Олеговна Сибряева** — студентка, группа ХТ-21, направление «Химическая технология»; Филиал Самарского государственного технического университета, Сызрань, Россия. E-mail: [albombksenia@gmail.com](mailto:albombksenia@gmail.com)

*Сведения о научном руководителе:*

**Елена Николаевна Никитина** — кандидат технических наук, доцент; Филиал Самарского государственного технического университета, Сызрань, Россия. E-mail: [elenika2203@yandex.ru](mailto:elenika2203@yandex.ru)