

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

doi: 10.51639/2713-0576\_2023\_3\_2\_76

УДК 661.526

ГРНТИ 61.01.91

ВАК 02.00.08

**Изучение возможности использования кислых газов в производстве сульфида натрия**\*<sup>1</sup> Пулатов Г.М., <sup>2</sup> Юсупов Ф.М., <sup>1</sup> Нимчик А.Г.<sup>1</sup> Алмлыкский филиал ТГТУ

110100, Республика Узбекистан, г. Алмалык, ул. М.Улугбека 45.

<sup>2</sup> Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан  
100170, г. Ташкент, ул. Мирзо-Улугбека 77-а.email: \* [tdtuof@exat.uz](mailto:tdtuof@exat.uz), [info@tdtuof.uz](mailto:info@tdtuof.uz), [ionxanruz@ru](mailto:ionxanruz@ru)

Предложен новый способ производства сульфида натрия, продукта в котором нуждается ряд отраслей Узбекистана. В лабораторных и полупромышленных условиях, установлена возможность его получения, используя в качестве сырья попутные кислые газы добычи углеводородов. Показано что очищенный сероводород абсорбированный раствором гидроксида натрия, является перспективным сырьем в производстве сульфида натрия. В химической лаборатории проведены опыты по получению сульфида натрия из отходов переработки природного газа, в которых содержится сероводород. Как известно сероводород является вредным веществом, которое выделяется во многих отраслях промышленности. Вопросы очистки, обезвреживания, утилизации или использование как сырья сероводорода промышленными предприятиями являются неотъемлемой частью проблемы охраны окружающей среды. Одной из актуальных проблем современности является охрана окружающей среды. При этом решаются экологические проблемы региона, так как утилизируются вредные выбросы газодобывающей промышленности.

*Ключевые слова:* природный газ, сероводород, гидроксид натрия, абсорбция, сульфид натрия.

**Введение**

В последнее время все большее значение приобретают проблемы защиты окружающей среды в связи с увеличением негативного воздействия нефтегазовой промышленности на экологическое состояние природы. Вопросы очистки, обезвреживания, утилизации или использование как сырья отходящих газов на основе сероводорода промышленными предприятиями являются неотъемлемой частью проблемы охраны окружающей среды [1–4]. Наличие таких компонентов как сероводород, углекислый газ, сероуглерод в углеводородных газах снижает теплоту сгорания газов и ухудшает их эксплуатационные свойства, привело к разработке и применению в промышленности новых методов очистки углеводородных газов от кислых компонентов с целью защиты труб и оборудования от коррозии, охраны населения от их токсичного воздействия, предотвращения отравления большинства промышленных катализаторов, а также устранения соединений серы в соответствии с экологическими требованиями [5–8].

Сероводород является потенциальным источником получения двух продуктов потребительского значения - водорода и серы, а также сульфида натрия являющегося сырьём для производства сернистых красителей, применения в текстильной промышленности при крашении этими красителями хлопчатобумажных тканей, в кожевенной промышленности для удаления волоса со шкур, в производстве красок [9–13].

Его используют также для получения тиосульфата и гидросульфида натрия и во флотационных процессах, в частности при флотации цинковой обманки и руд, содержащих железо, цинк и свинец.

## Методология

Наличие сероводорода ( $H_2S$ ) в газовых выбросах нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности вызывает загрязнение окружающей среды и коррозию оборудования. Эти газовые потоки, называемые отходящими газами, имеют высокую концентрацию  $H_2S$ , которую можно использовать для производства сульфида натрия ( $Na_2S$ ) путем реактивной абсорбции  $H_2S$ . Известно что, получаемый в процессе абсорбции  $Na_2S$  имеет широкое применение в химической промышленности, но возникает необходимость концентрирования нужного для процесса абсорбирования сульфида натрия, и его параллельная очистка от сопутствующего диоксида углерода. В лабораторных условиях проведены опыты по отработке технологии получения сульфида натрия из отходов переработки природного газа, в которых содержится сероводород. В этом исследовании процесс реактивной абсорбции методом барботирования проводили с использованием в качестве реагента раствора  $NaOH$ . Методология проведенных исследований заключалась в использовании в эксперименте для синтеза сульфида натрия, отхода добычи природного газа- сероводорода, который был синтезирован в лабораторных экспериментах и двух независимых рабочих условий: заданный массовый процент концентрации  $NaOH$ , и определенной температуры раствора.

Для изучения возможности синтеза сульфида натрия с применением в качестве сырья, отхода добычи природного газа сероводорода, проведены лабораторные эксперименты, показавшие эффективность предлагаемого способа.

При получении сульфида натрия из сероводорода в лаборатории применены количества изменяющихся в процессе опытов расчетное количество сульфида цинка, каустической соды, воды и раствор соляной кислоты [14, 15]. В аппарате Киппасульфид цинка, смешивался с помощью бюретки с раствором соляной кислоты [16, 17]. В результате происходившей реакции выделялся чистый сероводород, который с помощью шланга и стеклянной трубки абсорбировался в 30...45 % - ном растворе гидроксида натрия в течение изменяющегося времени реакции 30...90 минут.

При этом для интенсификации процесса поглощения выделяющегося газа колбу с раствором гидроксида натрия ставили на магнитную мешалку. После окончания реакции полученную смесь выпаривали в течении 30...60 минут при температуре 150...200 °С.

Таблица 1

Зависимость выхода продукта абсорбции от концентрации  $NaOH$  и времени процесса.

Опыт №	Концентрация раствора $NaOH$ , в %	Время абсорбции, мин	Температура процесса, °С	Выход $Na_2S$ , в %
1	20	40	50	32
2	20	50	60	37
3	20	60	70	40
4	30	40	60	39
5	30	50	65	46
6	30	60	70	50

7	40	40	55	55
8	40	50	65	60
9	40	60	70	65

После выпаривания полученные образцы ставили остывать в течении двух часов. Проведённые физико-химические анализы [18–21], такие как рентгенофазовый и инфракрасно-спектроскопический показали, что содержание кристаллического сульфида натрия в полученных образцах варьировало от 40 до 70 % (табл. 1).

### Результаты и их обсуждение.

Сульфид натрия, необходимый различным отраслям промышленности, особенно в производстве цветных металлов не выпускается в Узбекистане. Поэтому так важно наладить его получение подтвержденное лабораторными экспериментами в промышленных условиях производства.

С этой целью были проведены промышленные испытания по новой технологической схеме, на разработанной пилотной установке, абсорбирования сероводорода раствором гидроксида натрия.

Получение сульфида натрия в предлагаемом промышленном способе, происходит путем взаимодействия насыщенного раствора едкого натрия с сероводородом в специально разработанной установке с последующим выделением целевого продукта, для этого с целью упрощения технологии получения основного продукта использован сероводород после аминовой очистки природного газа.

При этом решается задача получения сульфида натрия, ценного продукта в ряде производств, на основе отхода получаемого после очистки природного газа в условиях газоперерабатывающих предприятий, таких как Мубарекская газоперерабатывающая станция, где были проведены испытания предлагаемой установки.

Использован отходящий газ полученный при очистке природного газа, включающий сероводород (50...55 %) и углекислый газ (45...50 %) в качестве основных компонентов, с дальнейшим взаимодействием его с раствором гидроксида натрия с последующей кристаллизацией при медленном охлаждении сульфида натрия.

Перспективность предлагаемой технологии заключается в том, что упрощается процесс получения сульфида натрия так как взаимодействие ведут в одной стадии, абсорбируя сероводород полученный после регенерации аминной очисткой природного газа, насыщенном раствором гидроксида натрия. При этом использованный сероводород вводят с 5...10 %-ным избытком от стехиометрического соотношения для образования кристаллогидратов сульфида натрия, затем раствор выпаривают при температуре 180...200 °С, продукт охлаждают до комнатной температуры и полной кристаллизации сульфида натрия.

Это позволяет снизить себестоимость продукции за счёт использования местного, недорогого и доступного сырья, а также не требует специального громоздкого оборудования при его производстве.

Таблица 2

Зависимость концентрации полученного раствора  $\text{Na}_2\text{S}$  от технологических факторов

Опыт №	Кол-во NaOH в абсорбере, литрах	Насыщенность раствора NaOH, %	Кол-во пропускаемого газа, в л/час	Насыщенность полученного р-ра $\text{Na}_2\text{S}$ , в %
1	5	30	3000	20
2	5	35	4000	23

3	10	35	3500	36
4	10	40	4000	42
5	15	40	3500	37
6	15	45	4000	43

В одном из опытов в абсорбер загружали 20% раствор гидроксида натрия, через него пропускали 3000 л/час кислого газа. В результате получили 20%-ый раствор сульфида натрия. Полученный раствор упаривали в течении одного часа, далее отделяли и очищали от примесей с помощью ацетона и получили кристаллический сульфид натрия ( табл.2).

Таблица 3

Влияние времени выпарки раствора на количество полученного продукта

Опыт №	Насыщенность полученного раствора Na <sub>2</sub> S, в%	Время выпарки раствора, мин.	Количество получаемого Na <sub>2</sub> S, кг.
1	35	40	32
2	35	60	38
3	40	50	38
4	40	60	42
5	43	60	44

Проведённые исследования в полупромышленных условиях, подтверждают возможность получения достаточно большого количества востребованного сульфида натрия, используя новый способ его производства (табл. 3).

## Выводы

В результате лабораторных и промышленных исследований, подтверждена возможность использования отходящих газов при очистке природных газов в качестве сырья для производства необходимого ряду отраслей промышленности республики Узбекистан сульфида натрия. Разработан абсорбционный способ с использованием в качестве абсорбента раствора гидроксида натрия для связывания сероводорода содержащегося в попутных газах и производства сульфида натрия в количествах призванных удовлетворить растущие потребности производства цветной металлургии.

За счёт разработанного способа производства Na<sub>2</sub>S, возможна утилизация большого количества отходящих газов добычи углеводородов, в результате чего решаются как экологические проблемы регионов, а также возможно получение продукта с большой экономической рентабельностью.

## Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

## Список литературы

1. Рахимов Б. Р. Изучение физико-химических свойств кислых компонентов природного и нефтяного газа // Вопросы науки и образования.- 2018.- № 3 (15).- С. 31-32. 8. Рахимов Б.Р. Изучение физико-химических свойств кислых компонентов природного и нефтяного газа // Вопросы науки и образования.- 2018.- № 3 (15).- С. 31–32.

2. Афанасьев С. В., Садовников А. А., Гартман В. Л., Дульнев А. В., Обысов А. В. Очистка природного газа от сернистых соединений // Деловой журнал Neftegaz.RU.- 2018.- № 10 (82).- С. 88–94.
3. Семенова Т. А. Очистка технологических газов / Т. А. Семенова и др. М.: Химия, 1997. 314 с.
4. Молчанов С. А., Шкоряпин А. И. Новые адсорбенты для осушки и очистки природного газа // Газовая промышленность. - 2001. №6 - С.28–29.
5. Пухлий В. А., Журавлев А. А., Пухлий К. В. К вопросу очистки газовых выбросов от сероводорода, сероуглерода и сернистого ангидрида // Энергетические установки и технологии.- 2017.- Т. 3.- № 2.- С. 72–81.
6. Неделькин В. И., Зачернюк Б. А., Соловьева Е. Н., Корнеева Л. А., Безрядин С. Г. Новые подходы в утилизации серы и сернистых соединений // Материалы 110 конференции: Экологическая ответственность нефтегазовых предприятий, Оренбург. - 2017. С. 161–163
7. Ф. М. Юсупов, Г. М. Бектурдиев, Г. М. Пўлатов. Получение сульфида натрия из сероводорода.// Композиционные материалы №1 / 2021. Ст. 65–67.
8. Копылов А. Ю., Насретдинов Р. Г., Мазгаров А. М., Вильданов А. Ф. Современные жидкофазные методы сероочистки газового сырья // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология.- 2010.- Т. 53.- № 9.- С. 4–8
9. Вильданов А. Ф. Современные жидкофазные методы сероочистки газового сырья // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология.- 2010.- Т. 53.- № 9.- С. 4–8.
10. Воеводкин Д. А., Скрипниченко В. А. Рациональное использование вторичных ресурсов в экономике нефтегазового хозяйства / Д. А. Воеводкин // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. - 2013. №4.-С. 83–89.
11. А. Г. Нимчик, Х. Л. Усманов, З. Р. Кадырова Рациональное использование флотационных отходов в производстве строительных материалов // Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова Усова «Проблемы геологии и освоения недр» Томск. 2018, Том 2,С. 459–461.
12. Чудиевич Д. А., Савенкова И. В. Технология переработки природного газа. Лабораторный практикум по дисциплине «Технология переработки природного газа» для студентов 18.03.01 «Химическая технология». Профиль подготовки Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов. Астрахань: АГТУ, 2020. 80 с. 6.1.15
13. Исмагилова З. Ф. Использование и развитие принципов безотходной технологии в процессе утилизации высококонцентрированных сероводородсодержащих газов // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 2. – С. 69–70
14. Технология переработки природного газа и конденсата Текст.: Справочник: В 2 ч. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. - Ч. 1. - 517 е.
15. Справочник азотчика Текст. / Под ред. Е. Я. Мельникова / 2-е изд., пере-раб.-М.: Химия, 1986. 511 с.
16. Васильев В. П. Аналитическая химия Текст. / В 2 ч. / Ч. 2. Физико-химические методы анализа: Учеб.для химико-технол. спец. вузов. — М.: Высш. школа, 1989. 384 е.
17. Ф. М. Юсупов, Г. М. Бектурдиев, Б. Ш. Хурсандов, С. К. Юсупов Акт о лабораторных испытаниях получения сульфида натрия из сероводорода / ИОНХ АН РУз , г. Ташкент, 25.12.2020 г.18
18. Физико-химические методы анализа : учеб.-метод. комплекс [для студентов спец. 240403.65 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»] / Сиб. федер. ун-т, Ин-т нефти и газа ; сост. О. П. Калякина. - Электронные текстовые данные (самораспаковывающийся архив; 2,9 Мб). - Красноярск : СФУ, 2014. - (Электронная библиотека СФУ). - Загл. с титул.экрана. - Изд. № 2014. 530.
19. Лебедева М. И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа :Уч. пособие / Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 216 с.

20. Пермяков А. А., Назарова А. А. Лабораторный практикум по дисциплине "Основы кристаллографии и минералогии" / СибГИУ.- Новокузнецк, 2007. 69с.

21. Бетехтин А. Г. Курс минералогии / Государственное Издательство геологической литературы, Москва, 1951. 542 с.

### **Studying the possibility of using acid gases in the production of sodium sulfide**

<sup>1</sup> Pulatov G. M., <sup>2</sup> Yusupov F. M., <sup>1</sup> Nimchik A. G.

<sup>1</sup> *Almlyk branch of TSTU*

*110100, Republic of Uzbekistan, Almalyk, st. M. Ulugbek 45.*

<sup>2</sup> *Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

*100170, Tashkent, st. Mirzo-Ulugbek 77-a*

A new method for the production of sodium sulfide, a product that is needed by a number of industries in Uzbekistan, has been proposed. In laboratory and semi-industrial conditions, the possibility of obtaining it, using associated sour gases of hydrocarbon production as a raw material, has been established. It is shown that purified hydrogen sulfide absorbed by sodium hydroxide solution is a promising raw material in the production of sodium sulfide. In the chemical laboratory, experiments were carried out to obtain sodium sulfide from natural gas processing wastes, which contain hydrogen sulfide. As you know, hydrogen sulfide is a harmful substance that is released in many industries. The issues of purification, neutralization, utilization or use of hydrogen sulfide as a raw material by industrial enterprises are an integral part of the problem of environmental protection. One of the urgent problems of our time is environmental protection. At the same time, the environmental problems of the region are solved, as harmful emissions from the gas industry are utilized.

*Key words:* natural gas, hydrogen sulfide, sodium hydroxide, absorption, sodium sulfide.