

Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Амантаева Д.Б.,

Бесбаева Н.А., Бейшенов К.М.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова,

Казахстан

**Обоснование выбора технологии промысловой
подготовки газа для малосернистых газоконденсатных
месторождений промысловой очистки газа от
сероводорода**

Газовая промышленность в Казахстане относится к одной из стратегически важных отраслей экономики. XXI век - век научно-технического прогресса, сопряжен с проблемой нехватки энергоресурсов. Запасы углеводородов в мире истощаются с каждым годом. Борьба за ресурсы нарастает, проблема открытия новых месторождений газа стоит очень остро. В этой связи возникает необходимость повышения коэффициента углеводороотдачи, а также освоение малых по запасам и содержащих сероводород месторождений углеводородов. Газоконденсатные месторождения с наличием сероводорода достаточно широко известны, при этом, основная их часть относится к разряду малосернистых. Проблемы разработки таких месторождений невозможно решить без создания эффективных технологий промысловой очистки газа от сероводорода [1-5]. Из-за отсутствия надежной и экономичной технологии промысловой очистки газа от сероводорода темпы вовлечения в разработку малосернистых месторождений, небольших по запасам, когда строительство газоперерабатывающих заводов не оправдано, остаются низкими. Реальные к разработке месторождения находятся в консервации десятки лет. Поэтому создание технологии очистки газа от сероводорода для промысловой подготовки отвечает приоритетным направлениям отраслевой программы республики Казахстан по энергосбережению и является актуальной задачей.

Разработка и совершенствование технологий подготовки и очистки попутного и добываемого газа, является одним из основных методов повышения газоотдачи на месторождениях. Мировая практика свидетельствует о необходимости промышленного внедрения таких технологий и методов. Месторождение Тасбулат относится к разряду малосернистых газоконденсатных. Подготовка газа на таких месторождениях сводится к отбензиниванию газа и извлечению из него сероводорода. В проектной технологической схеме промысловой подготовки газа на месторождении Тасбулат отсутствует блок очистки газа от сероводорода, что исключает реализацию газа как товарную продукцию, т.к. его качество не отвечает нормативным требованиям по содержанию сероводорода. Отсутствие блока сероочистки в составе УКПГ приводит к тому, что весь добываемый газ подвергается утилизации на факельной установке, при этом кроме экономических потерь возникают проблемы загрязнения окружающей среды вредными выбросами. При проектной мощности УКПГ на месторождении Тасбулат 250 тыс.м³/сут, ущерб предприятия от потерь товарной продукции составляет 220 млн. т./год. В атмосферу ежесуточно выбрасывается до 182 кг диоксида серы и 239940 м³ парниковых газов. В свете требований законодательства о ресурсо- и энергосбережении актуальность проблемы рационального и эффективного использования энергоресурсов не вызывает сомнений. Основным мероприятием по сокращению потерь углеводородного сырья на ГКМ Тасбулат является разработка эффективных технических решений по очистке газа от сероводорода.

Рациональный выбор технологии очистки газа от сероводорода является важной составляющей технологии промысловой подготовки газа на малосернистых месторождениях. Наиболее полно требованиям промысловой очистки газа от сероводорода на месторождении Тасбулат отвечает технология с использованием физической абсорбции. Это обосновано тем, что этот метод требует применения простейшего оборудования, к которому относятся абсорбер, выветриватель, работающий при низком-атмосферном давлении и

циркуляционный насос. В качестве абсорбента сероводорода предлагается использовать углеводородный конденсат данного месторождения, что позволит получить экономические и экологические плюсы. Выбор Данному методу способствуют следующие положительные обстоятельства: - месторождение обустроено и разрабатывается двумя скважинами, позволяющее получать углеводородный конденсат и применять его для абсорбции сероводорода; - в составе промысловой УКПГ имеется установка стабилизации конденсата, позволяющая применять оборудование этой установки для регенерации насыщенного сероводородом конденсата. С целью обоснования применения при промысловой очистке газа от сероводорода углеводородного конденсата были выполнены теоретические исследования абсорбции сероводорода углеводородным конденсатом. В качестве методологической основы исследований являлись законы Рауля, Дальтона и Генри, которые описывали равновесие между фазами при физической абсорбции [7-8]. Известно существование двух существующих моделей физической абсорбции: прямоточной и противоточной [9-12], эффективность которых определяется степенью извлечения сероводорода из газа. На основании закона Дальтона, регламентирующего растворимость газов применительно к очистке газа от сероводорода углеводородным конденсатом получено выражение, позволяющее определить давление абсорбции для условий, когда остаточное содержание сероводорода в очищенном газе составляет $20 \text{ мг}/\text{м}^3$ [15]. Массовой концентрации сероводорода в газе, равной $20 \text{ мг}/\text{м}^3$, соответствует мольная концентрация, равная $C_{H_2S}=1,3 \cdot 10^{-5}$ моль/моль. Путем преобразований было получено выражение (1) [15]:

$$P_a \cdot C_{H_2S} = K_{H_2S} [H_2S] \quad (1)$$

позволяющего определить давление абсорбции для условий, когда остаточное содержание сероводорода в очищенном газе составляет $20 \text{ мг}/\text{м}^3$. Массовой концентрации сероводорода в газе, равной $20 \text{ мг}/\text{м}^3$, соответствует мольная

концентрация, равная $C_{H_2S}=1,3 \cdot 10^{-5}$ моль/моль. После подстановки численного значения $C_{H_2S}=1,3 \cdot 10^{-5}$ моль/моль в уравнение (1) имеем выражение (2) для расчета давления при физической абсорбции сероводорода в зависимости от степени насыщения абсорбента сероводородом [16]:

$$P_u = 76,9 \cdot 10^3 \cdot K_{H_2S} [H_2S], \quad (2)$$

На рисунке 1 приводятся результаты расчетных исследований по уравнению (2) очистки газа от сероводорода углеводородным конденсатом при температуре 15°C.

Константа Генри для сероводорода при 15°C имеет значение $K_{H_2S} = 365$ ат [15].

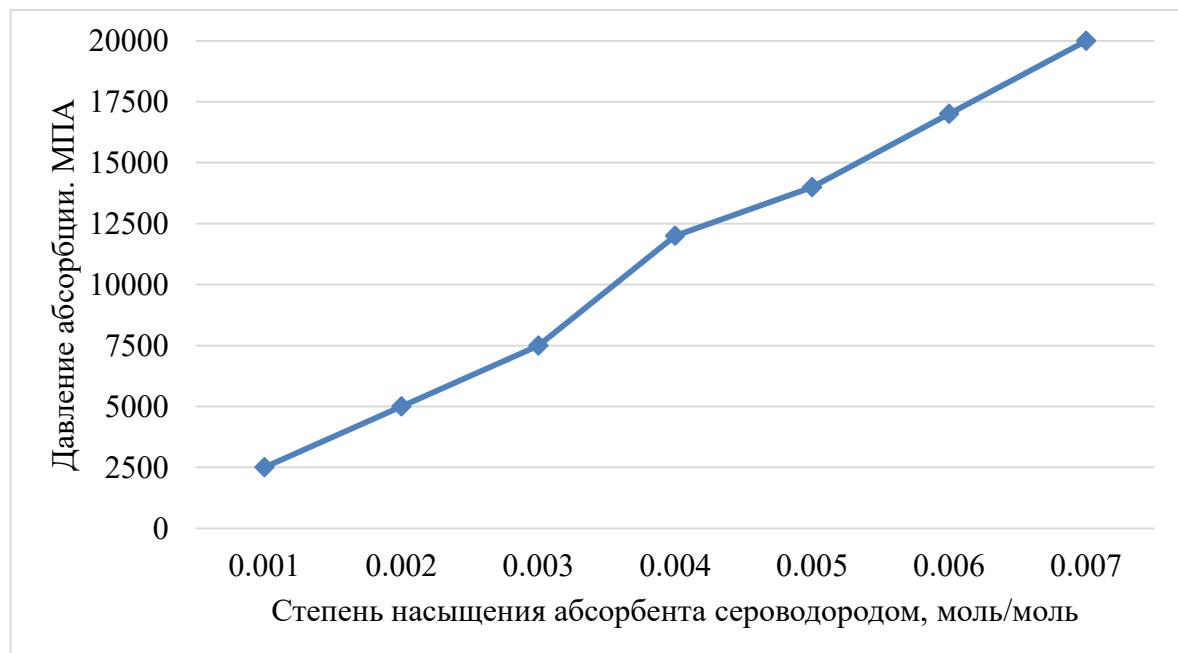


Рисунок 1 - Условия достижения остаточной концентрации сероводорода в очищенном газе 20 мг/м³ при прямотоке

Из данных рисунка 1 следует, что на практике достичь регламентируемой степени очистки газа от сероводорода физическим методом в условиях

прямоточного движения фаз затруднительно, т.к. для этого необходимо обеспечить давление более сотен тысяч атмосфер, что нереально.

Другим фактором, определяющим условия достижения регламентируемой очистки газа от сероводорода методом физической абсорбции в условиях прямоточного движения фаз, является объем абсорбента. Объем абсорбента зависит от его поглотительной емкости по сероводороду.

Для физической абсорбции поглотительная емкость определяется растворимостью сероводорода в абсорбенте, т.е. равновесной концентрацией сероводорода в отработанном абсорбенте. На растворимость сероводорода в жидких углеводородах оказывает влияние молекулярная масса растворителя, давление и температура.

В таблице 1 приводятся экспериментальные данные по растворимости чистого сероводорода в различных углеводородах при н.у. [13-15].

Таблица 1 - Результаты расчета растворимости сероводорода в углеводородах при нормальных условиях

| Углеводород | Молекулярная масса M_y , кг/кмоль | Плотность ρ_y , кг/м ³ | Концентрация сероводорода | |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| | | | мольн. доли | кг/м ³ |
| Гептан, C ₆ H ₁₄ | 87 | 680 | 0,0354 | 9,32 |
| Октан, C ₈ H ₁₈ | 118 | 732 | 0,053 | 9,43 |
| Додекан, C ₁₂ H ₂₆ | 165 | 753 | 0,0516 | 8,24 |
| Гексадекан, C ₁₆ H ₃₄ | 229 | 769 | 0,0584 | 7,25 |

На основании данных таблицы 1 на рисунке 2 приводится зависимость растворимости сероводорода от молекулярной массы жидкого углеводорода при нормальных условиях.

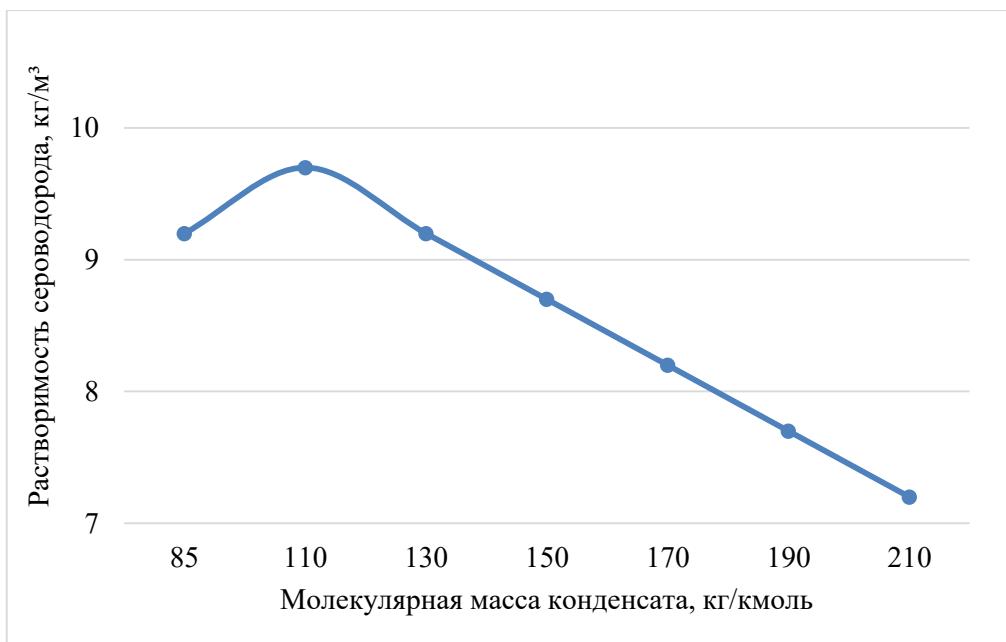


Рисунок 2 - Растворимость сероводорода в жидкких углеводородах при нормальных условиях.

Из данных рисунка 2 следует, что углеводороды с молекулярной массой от 100 до 110 лучше растворяют сероводород, их поглотительная емкость на 25% выше, чем углеводородов, масса которых выше 200 кг/кмоль. Для стабильного углеводородного конденсата ГКМ Тасбулат молекулярная масса составляет 81,2 кг/кмоль, результаты расчета приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета молекулярной массы стабильного конденсата

| Компонент | Концентрация, C_i , % мольн. | Молекулярная масса, M_i , кг/кмоль | $M_i \times C_i$ |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|------------------|
| Метан | 7,4 | 15 | 1,4 |
| Этан | 8,34 | 32 | 2,375 |
| Пропан | 4,53 | 45 | 1,8365 |
| Бутаны | 6,21 | 54 | 3,4674 |
| Пентаны | 6,3 | 75 | 4,598 |
| Гексаны | 67,43 | 99 | 59,231 |
| Итого | 100 | $M_{cp}=$ | 82,1732 |

Из данных рисунка 2 следует, что при нормальных условиях растворимость сероводорода в стабильном углеводородном конденсате месторождения Тасбулат составляет $g_0 = 9,21 \text{ кг}/\text{м}^3$.

На поглотительную способность конденсата оказывает влияние давление газа, от которого зависит величина парциального давления сероводорода в газе. На основе приведенных выше уравнений (1 - 3) в таблице 3 приводится расчет поглотительной емкости стабильного углеводородного конденсата месторождения Тасбулат.

Таблица 3 - Результаты расчета поглотительной емкости абсорбента

| Показатель | Давление, МПа | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|
| | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 16,0 |
| Концентрация сероводорода в газе, г/м ³ | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 |
| Мольная доля сероводорода в газе, моль/моль | 0,000243 | 0,000243 | 0,000243 | 0,000243 |
| Парциальное давление сероводорода, МПа | 0,00189 | 0,00251 | 0,00289 | 0,0041 |
| Растворимость сероводорода при н.у., кг/м ³ | 9,32 | 9,32 | 9,32 | 9,32 |
| Поглотительная емкость углеводородного конденсата G_{H2S} , кг/м ³ | 0,185 | 0,225 | 0,284 | 0,362 |

На рисунке 3 приводятся результаты расчетных исследований влияния давления на парциальное давление сероводорода для газа ГКМ Тасбулат.

На рисунке 4 приводятся результаты расчета поглотительной емкости стабильного углеводородного конденсата месторождения Тасбулат в зависимости от парциального давления сероводорода в газе.

Данные рисунков 2, 3 и 4 дают возможность определить необходимые параметры углеводородного конденсата ГКМ Тасбулат при выполнении технологических расчетов.

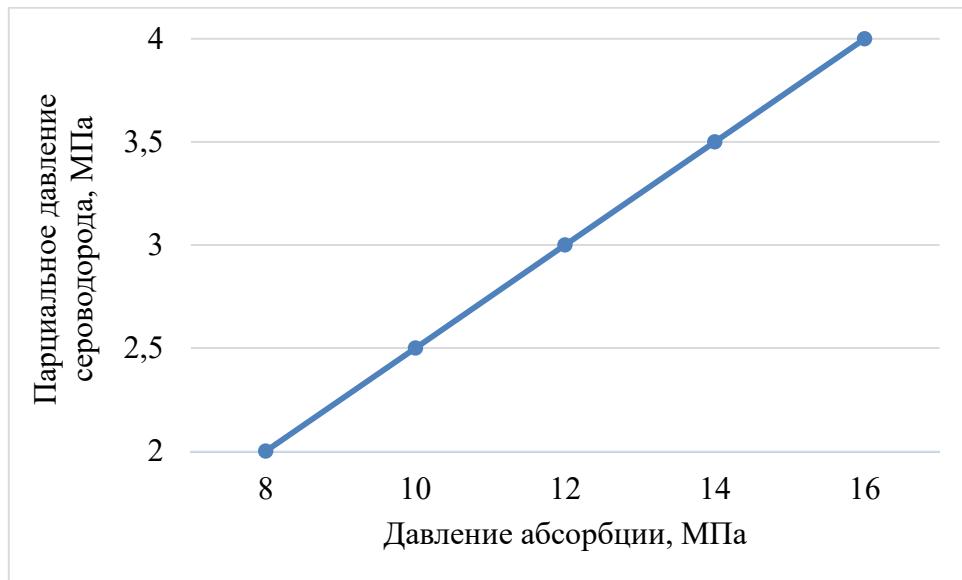


Рисунок 3 - Влияние давления на парциальное давление сероводорода в газе

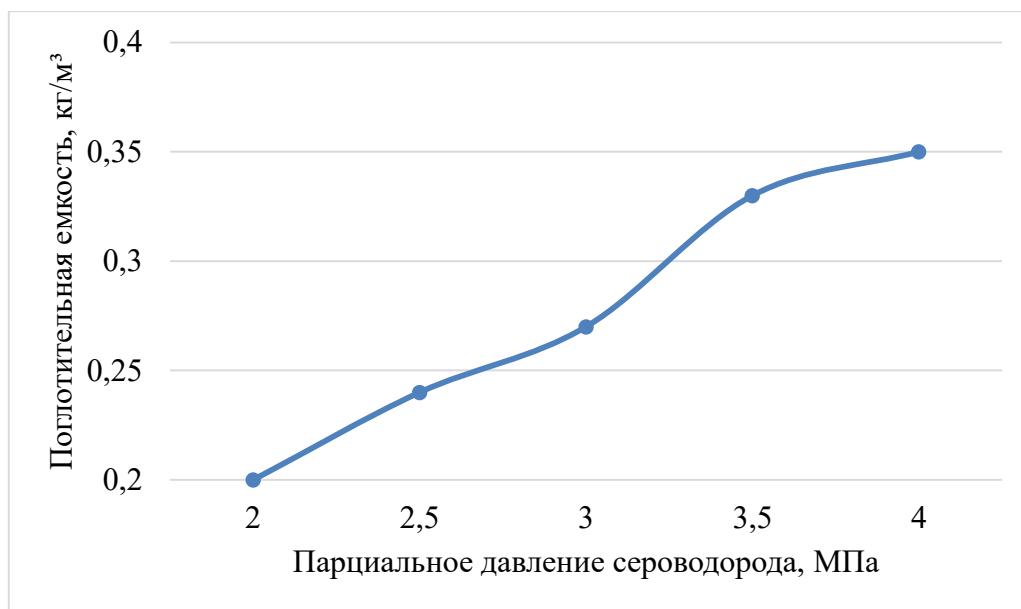


Рисунок 4 - Влияние парциального давления сероводорода на поглотительную емкость углеводородного конденсата

Таким образом, в результате предварительных исследований установлены определяющие условия достижения регламентируемой очистки газа от сероводорода методом физической абсорбции в условиях прямоточного движения фаз. Определена растворимость сероводорода в жидким

углеводородах при нормальных условиях, влияние давления на парциальное давление сероводорода в газе и влияние давления на парциальное давление сероводорода в газе, которые позволяют определить необходимые параметры углеводородного конденсата ГКМ Тасбулат при выполнении технологических расчетов.

Литература

1. Аджиев А.Ю., Ясьян Ю.П., Борушко-Горняк Ю.Н. Современные технологии очистки сероводородсодержащих углеводородных газов / Учеб. пособие. – Краснодар: КубГТУ, 2002. – 250 с.
2. Алексеев С.З., Афанасьев А.И., Кисленко Н.Н. и др. Очистка природного газа алканоламиналами от сероводорода, диоксида углерода и других примесей // Обзорная информация. Сер. Подготовка и переработка газа и газового конденсата. – М.: ИРЦ Газпром, 1999. - 41 с.
3. Ни Lian-you Новый реагент для очистки газовых смесей от сероводорода// Jingxi Huagong zhngjanti Fine Chem. Intermediates. – 2001. – № 4. – С 29-31.
4. An-xi Jiang Исследование процессов очистки отходящих газов от примесей сероводорода и аммиака // Heilongjiang daxue ziran kexue xuebao. - 2003. – № 1. – С. 92-95.
5. Астарита Дж. Массопередача с химической реакцией: Пер. с англ. – Л.: Химия, 1971. – 224 с.
6. Афанасьев А.И., Стрючков В.М., Мурин В.И. и др. Энергосберегающая технология очистки газа // Повышение эффективности процессов переработки газа и газового конденсата: Сборник научных трудов. – М.: ВНИИГАЗ, 1995. – Ч. 1. – С. 19-26.
7. Балыбердина И.Т. Физические методы переработки и использование газа. – М: Недра, 1988. – 248 с.

8. Басарыгин Ю.М. Будников В.Ф., Жирнова А.П. и др. Выбор реагентов для сероочистки малосернистых природных и нефтяных газов // Газовая промышленность. – 2004. – № 5. – С. 73.

9. Басниев К.С. Разработка месторождений сероводородсодержащих газов // Газовая промышленность. – 1980. – № 1. – С. 17-19.

10. Бекиров Т.М. Промысловая и заводская обработка природных и нефтяных газов. – М: Недра, 1980. – 292 с.

11. Шестерикова Р.Е., Галанин И.А., Шестерикова Е.А. Энергетические критерии при выборе метода очистки газа от сероводорода / Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: специализированный сборник, приложение к журналу «Наука и техника в газовой промышленности», № 1, 2006. – М.: ООО «ИРЦ Газпром». – С. 36-39

12. Шестерикова Р.Е., Галанин И.А., Шестерикова Е.А. Производство серной кислоты на установках подготовки газа / Геология, бурение и разработка газовых и газоконденсатных месторождений: специализированный сборник, приложение к журналу «Наука и техника в газовой промышленности», № 2, 2006. – М.: ООО «ИРЦ Газпром». - С. 53-55.

13. Шестерикова Р.Е., Галанин И.А., Шестерикова Е.А. Капитальный ремонт нефтяных и газовых скважин с высоким содержанием сернистых соединений/ Геология, бурение и разработка газовых и газоконденсатных месторождений: специализированный сборник, приложение к журналу «Наука и техника в газовой промышленности», № 4, 2006. – М: ООО «ИРЦ Газпром». – С. 17-18.

14. Шестерикова Р.Е., Гасумов Р.А., Галанин И.А., Шестерикова Е.А. Экономичный метод очистки малосернистых газов // Обз. инф. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: Научн. -техн. сб.- М.: ООО «ИРЦ Газпром». 2007. – 41 с.

15. Шестерикова Р.Е., Гасумов Р.А., Галанин И.А., Использование насадочных эмульгационных аппаратов на установках сероочистки // Обз. инф.

Разработка эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: Научн.-техн.сб. - М.: ООО «ИРЦ Газпром». 2007. – 44 с.

16. Шестерикова Е.А., Шестерикова Р.Е., Галанин И.А.,
Целесообразность производства серной кислоты на установках подготовки газа //
Газовой отрасли -энергию молодых ученых: Тезисы докл. науч.-практ. Конф.
Молодых ученых специалистов, посвященной 80-летию Н.Р. Акопяна -
Ставрополь: РИА ОАО «СевКавНИПИгаз», 2006. – с. 92-93.