

А. М. Шаталов, Д. Д. Шипилов, Р. З. Сахабутдинов,
Р. М. Гарифуллин, В. В. Малофеев, И. А. Баркалов

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ НЕФТИ ОТ СЕРОВОДОРОДА НА ОБЪЕКТАХ НГДУ

Ключевые слова: очистка нефти, десорбционная колонна, нейтрализация сероводорода.

Проведен сравнительный анализ и выявлена наиболее подходящая технология нейтрализации сероводорода с целью доведения качества нефти до требований ГОСТ Р 51858-2002.

Keywords: purification of oil, stripping column, hydrogen sulfide neutralization.

The comparative analysis is carried out and the most suitable technology of neutralization of hydrogen sulfide for the purpose of finishing of quality of oil to GOST P 51858-2002 requirements is revealed.

Введение

В последние годы в ОАО "Татнефть" уделяется огромное внимание проблеме очистки товарных нефтей от сероводорода. Это связано, в первую очередь, с тем, что появились новые требования к качеству товарной нефти, ограничивающие массовую долю сероводорода в ней на уровне не более 20... 100 млн⁻¹ в зависимости от ее вида. В связи с этим на объектах ОАО "Татнефть" разработаны и внедрены эффективные технологии очистки нефти от сероводорода [1]:

- нейтрализация сероводорода в нефти химическими реагентами;
- отдувка сероводорода из нефти в десорбционной колонне;
- прямое окисление сероводорода кислородом воздуха в присутствии каталитического щелочного комплекса.

Каждая технология имеет свою область эффективного использования. Подготовка высокосернистой продукции, добываемой на месторождениях НГДУ, осуществляется на нескольких установках: Куакбашской и Акташской УПВСН, предназначенных для подготовки 1200 и 1500 тыс. т в год нефти с массовой долей сероводорода 500...550 и 150...400 млн⁻¹, соответственно. При выборе технологии учитывались основные факторы: исходная концентрация сероводорода, особенности технологической схемы подготовки нефти, имеющаяся инфраструктура по использованию сероводородсодержащего газа (наличие системы газосбора и ее пропускная способность).

Технологической схемой подготовки нефти на Куакбашской УПВСН предусматривается ее сепарация, отстой со сбросом свободной воды, нагрев в теплообменнике с последующей сепарацией, отстой в двух последовательно расположенных резервуарах типа РВС, нагрев в печах, глубокое обезвоживание и обессоливание в отстойниках и электродегидрататорах, охлаждение в теплообменнике и поступление ее через резервуар РВС-5000 на СИКН (рис. 1).

Особенностью представленной схемы является резервуарная подготовка нефти на ступени предварительного ее обезвоживания. Несмотря на высокую концентрацию сероводорода, на первом этапе, учитывая удаленность УПВСН от установки сероочистки газа (УСО) на расстоянии порядка 26 км и небольшие капитальные вложения, принята к использованию тех-

нология нейтрализации сероводорода в нефти химическими реагентами [4]. В соответствии с результатами лабораторных исследований, представленными в табл.1, в качестве наиболее эффективного, требующего минимальной дозировки, принят реагент СНПХ-1200 разработанный ОАО "НИИнефтепромхим" (г. Казань).

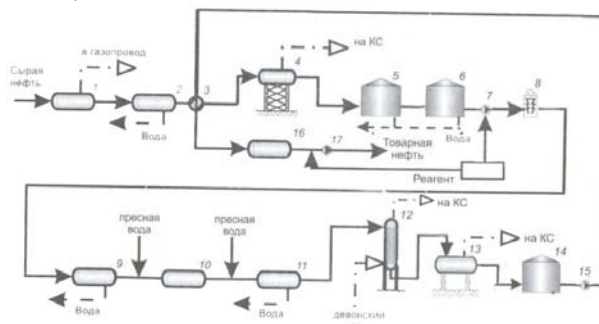


Рис. 1 - Технологическая схема подготовки нефти на Куакбашской УПВСН: 1,4,13-сепараторы; 2-отстойники предварительного сброса воды; 3- теплообменники; 5, 6, 14- резервуары; 7,15.17 – насосы;8-печи; 9-отстойники глубокого обезвоживания; 10, 11 – электродегидраторы;12-колонна отдувки; 16- буферные емкости; 18 — узел дозирования химических реагентов

Таблица 1 - Результаты лабораторных исследований реагентов для очистки товарной нефти на Куакбашской УПВСН

Объект	Наименование реагента	Исходная массовая доля H_2S , млн ⁻¹	Дозировка реагента кг/т	Конечная массовая доля H_2S , млн ⁻¹	Концентрация солей, мг/дм ³ исходная/конечная
Куакбашская УПВСН	СНПХ-1200 ПСКВ-3401Б	520 560	2,8 3,6	94 97	63/284 -/50
Акташская УПВСН	ПСКВ-3401Б	380	1,8	74	-/92

Испытание технологии при подаче реагента СНПХ-1200 в поток товарной нефти через форсунку после электродегидрататора при дозировке , 2,8 кг/т (табл.2) показало возможность снижения массовой доли

сероводорода до уровня менее 100 млн^{-1} , но при этом существенно увеличивается показатель по концентрации хлористых солей по ГОСТ 21534-76 до значения, превышающего норму по первой группе качества [2].

Таблица 2 - Результаты промысловых испытаний реагентов для очистки нефти на Куакбашской УПВСН

Объект	Наименование реагента	Исходная массовая доля H_2S , млн^{-1}	Дозировка реагента кг/т	Конечная массовая доля H_2S , млн^{-1}	
				Через 2 ч	Через 4 ч
Куакбашская УПВСН	СНПХ-1200	418	2,0	25	0
	ПСВ-3401Б	490	2,35	67	17
		490	2,6	-	34
Акташская УПВСН	СНПХ-1200	200	0,6	-	94
	ПСВ-3401Б	350	1,5	-	85
		350	1,65	-	93

Поэтому было принято решение о замене СНПХ-1200 на реагент ПСВ-3401Б (разработчик ЗАО «Опытный завод Нефтехим», г.Уфа) и переносе точки его дозирования на прием сырьевого насоса до печей с последующей отмывкой эмульсии, содержащей до 3% пластовой воды, пресной водой объемом 10% от количества нефти. Это позволило значительно уменьшить негативное влияние продуктов реакции компонентов реагента с сероводородом на концентрацию хлористых солей при получении показателя по массовой его доле ниже 100 млн^{-1} [4]. При этом дозировка реагента ПСВ-3401Б составила 3,6 кг/т, т.е. увеличилась почти в 1,3 раза. Учитывая необходимость дозирования повышенного объема реагента в поток нефти перед ступенью глубокого ее обезвоживания и, следовательно, увеличение затрат на ее очистку от сероводорода, данная технология рекомендована в качестве резервной.

Дальнейшая проработка вариантов очистки нефти показала, что наибольшей экономической эффективностью обладает технология отдувки сероводорода в десорбционной колонне. Эта технология принята в качестве основной на Куакбашской УПВСН. Технология предусматривает использование для отдувки нефти, нагретой до температуры 55°C , девонского газа объемным расходом 3,0 и $5,5 \text{ м}^3/\text{т}$ для достижения показателя по массовой доле сероводорода не более 100 и 20 млн^{-1} , соответственно. В настоящее время на Куакбашской УПВСН очистка нефти с применением технологии осуществляется до значения массовой доли сероводорода не выше 90 млн, что соответствует требованиям ГОСТ Р 51858-2002 второго вида качества при диапазоне изменений этого показателя в течение года от 56 до 99 млн^{-1} . Объем подаваемого на отдувку девонского газа составляет $2,5...3,0 \text{ м}^3/\text{т}$.

На Акташской УПВСН, в отличие от Куакбашской, осуществляется резервуарная подготовка нефти как на ступени предварительного обезвоживания, так и на ступени глубокого ее обезвоживания и обессоливания. Продукция скважин, поступающая с промыслов, предварительно подогревается в теплообменнике отходящей в противотоке товарной нефтью, затем сепарируется и поступает в резервуары предварительного обезвоживания РВС-5000, откуда с содержи-

ем водной фазы до 5 % насосом подается на печи, где нагревается до температуры $55...60^\circ\text{C}$. После нагрева нефть сепарируется и направляется для глубокого обезвоживания и обессоливания в три последовательно расположенных резервуара РВС-2000 и далее - в товарный резервуар РВС-5000 для хранения. Отсепарированный на ступенях сепарации газ направляется через компрессорную станцию в систему газосбора, последовательно соединенную с газосборной системой УПВСН, и далее - на установку сероочистки (рис. 2).

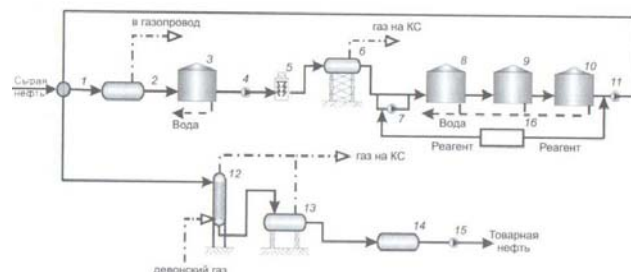


Рис. 2 - Технологическая схема подготовки нефти на Акташской УПВСН: 1-теплообменники; 2, 6, 13- сепараторы; 3, 8, 9, 10- резервуары; 4, 7, 11, 15 -насосы; 5-печь; 12- колонна отдувки; 14 - буферные емкости; 16 - узел дозирования химических реагентов

Учитывая меньшую концентрацию сероводорода в нефти, на объекте рассматривалась возможность использования каждой из трех выше представленных технологий. Однако результаты последующих лабораторных (см. табл. 1) и промысловых (см. табл. 2) испытаний технологии очистки нефти с использованием реагента-нейтрал и затора сероводорода ПСВ-401Б показали ее высокую затратность. По этой причине технология принята в качестве резервной в варианте дозирования реагента на прием автономного насоса малой производительности. Насос выполняет роль перемешивающего устройства перед подачей реагента в основной поток нефти перед резервуарами ступени ее глубокого обезвоживания. Сравнение экономических показателей всех возможных технологий показало, что наиболее эффективной является отдувка сероводорода из нефти углеводородным газом. Принимая во внимание, что Акташская УПВСН удалена от существующей установки сероочистки на расстояние более 55 км, рассматривалось несколько вариантов технологий отдувки сероводорода с использованием десорбционной колонны:

1. С частичной отдувкой сероводорода и последующей нейтрализацией остаточного его количества химическими реагентами и подачей газа после колонны на печи Акташской ТХУ, предназначенные для подогрева девонской нефти. Недостатком варианта являются ограничения по глубине очистки нефти, определяемые потребностью в газе для ее нагрева в печах.

2. С полной отдувкой сероводорода до требований ГОСТ Р 51858-2002 и использованием газа после колонны в печах Акташской УПВСН для подогрева нефти. При этом его избыток направляется на факел для сжигания. Недостаток варианта - потери углеводородов при сжигании части газа на факеле и загрязнение окружающей среды [3].

3. С полной отдувкой сероводорода, подачей газа на компрессорную станцию и далее по системе газо-

проводов - на существующую установку сероочистки. Недостаток варианта заключается в необходимости дополнительного строительства газопровода - лупинга для транспорта возросших объемов нефтяного газа на установку сероочистки без существенного увеличения давления в существующей газопроводной системе.

Эффективность процесса отдувки в любом из вариантов зависит, в первую очередь, от температуры нефти, давления в колонне и объема подаваемого отдувочного девонского газа. Особенно значимыми эти параметры становятся при необходимости дальнего транспорта газа, который характерен для третьего варианта. На рис. 3 представлены зависимости массовой доли сероводорода в нефти и расхода газа отдувки после колонны от количества подаваемого в нее девонского газа при исходной концентрации сероводорода в нефти 250 млн^{-1} , ее температуре 45°C и давлении в колонне $0,02 \text{ МПа}$. На рис. 4 приведена зависимость расходов газов до и после колонны от давления в ней при температуре нефти 45°C при условии отдувки сероводорода до значения массовой доли ниже 100 млн^{-1} .

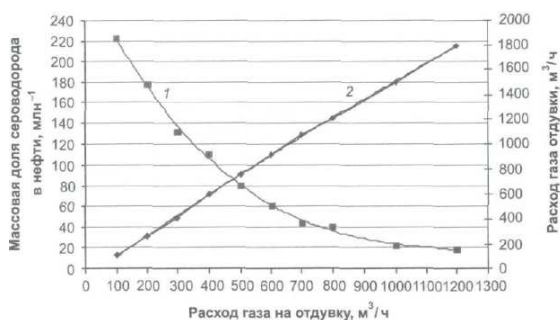


Рис. 3 - Зависимость массовой доли сероводорода и расхода газа отдувки от количества девонского газа: 1 - массовая доля сероводорода в нефти; 2 - расход газа отдувки

Как следует из рис. 3 и 4, для отдувки сероводорода до остаточной его концентрации в нефти на уровне 90 млн^{-1} соотношение расходов газ: нефть должно составлять не менее $3 \text{ м}^3/\text{т}$, а до значения на уровне 20 млн^{-1} - порядка $6,5 \text{ м}^3/\text{т}$.

С увеличением давления в колонне необходимый объем девонского газа растет, а при избыточном давлении, близком к $0,1 \text{ МПа}$, отдувка может оказаться неэффективной при указанных выше условиях, поскольку объемы газов, подаваемых в колонну и уходящих из нее, становятся близкими. Для повышения качества очистки нефти требуется увеличивать температуру ее нагрева, что негативно сказывается на показателе по массовому выходу товарной продукции. Поэтому процесс отдувки из нефти сероводорода должен осуществляться при минимально возможном давлении в десорбционной колонне, что можно обеспечить при отборе газа из колонны с помощью компрессоров,

обеспечивающих его подачу потребителю. Анализ и ТЭО технологии очистки нефти от сероводорода при различных вариантах утилизации газа [3] отдувки показали, что наиболее эффективным является вариант с его подачей в газопровод с последующей очисткой от кислых компонентов и переработкой на ГПЗ.

Использование технологических схем подготовки высокосернистой продукции на Куакбашской и Акташской УПВСН с очисткой товарной нефти в десорбционной колонне в противотоке с девонским газом позволяет значительно снизить эксплуатационные затраты на ее подготовку за счет исключения необходимости использования химических реагентов.

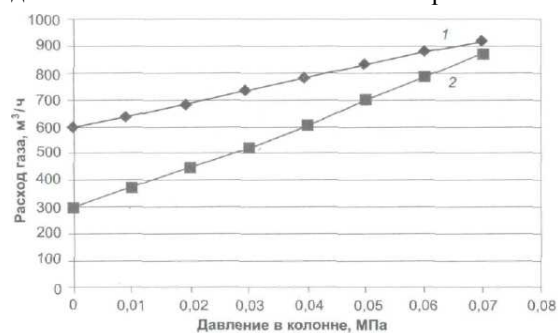


Рис. 4 - Зависимость расходов газов до и после колонны от давления: 1 - расход газа после колонны; 2 - расход отдувочного газа до колонны

Выводы

Для очистки нефти от сероводорода при его исходной концентрации свыше 250 млн^{-1} с целью доведения качества товарной продукции до требований ГОСТ Р 51858-2002 наиболее целесообразно использование технологии отдувки сероводорода в десорбционной колонне при минимально возможном давлении.

Технологию нейтрализации сероводорода химическими реагентами на объектах НГДУ целесообразно использовать в качестве резервной в варианте подачи химических реагентов в сырую нефть перед ступенью ее глубокого обезвоживания и обессоливания.

Литература

1. Технологии очистки нефти от сероводорода / Р. З. Сахабутдинов [и др.] // Нефть. хоз-во. - 2008. - № 7. - С. 82-85.
2. Шаталов А.Н., Гарифуллин Р.М. Оптимизация процессов очистки нефти от сероводорода в условиях нефтяных промыслов // Technomat & infotel economy & business medbiopharm humanites technooil ecology: материалы науч.практ. конф., Болгария. 2006.
3. Латыпов Д.Н. Основные проблемы и пути решения комплексной очистки газовых выбросов больших объемов. // Вестник Казанского национального исследовательского технологического университета. - 2011 - №8. - с.340-344.
4. Саттарова Э.Д., Фазулзянов Р.Р., Елпидинский А.А., Гречухина А.А. Подбор реагентов-деэмульгаторов для глубокого обессоливания нефти // Вестник Казанского национального исследовательского технологического университета. - 2011 - №10. - с.165-169.

© А. М. Шаталов - канд. техн. наук, зав. лаб. ТатНИПИнефть; Д. Д. Шипилов - канд. техн. наук, науч. сотр. ТатНИПИнефть; Р. З. Сахабутдинов - д-р техн. наук, проф. каф. химической технологии органических материалов БФ КНИТУ; Р. М. Гарифуллин - зав. сектором ТатНИПИнефть; В. В. Малофеев - инж. ТатНИПИнефть; И. А. Баркалов - магистр КНИТУ, romanova_rg@mail.ru.