

УДК 622.279.23

ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РОССИИ

ОРЕНБУРГСКИЙ ГПК — ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ И ГЕЛИЕВЫЙ ЗАВОДЫ (ООО «ГАЗПРОМ ДОБЫЧА ОРЕНБУРГ»)

И.А. ГОЛУБЕВА, Е.В. РОДИНА, В.В. МОЖЕЙКИНА

РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина

ООО «Газпром добыча Оренбург» (до 2008 г. — ООО «Оренбурггазпром») — дочернее предприятие ОАО «Газпром», в состав которого входят объекты добычи (11 установок комплексной подготовки газа), транспорта сырьевых и товарных потоков, газоперерабатывающий (54 установки) и гелиевый заводы (19 установок) [1].

Основные направления деятельности ООО «Газпром добыча Оренбург» — добыча, подготовка, переработка и транспортирование газа, конденсата, нефти и продуктов их переработки. В 1968 г. приказом Министерства газовой промышленности СССР было организовано Управление по обустройству и эксплуатации газового месторождения и строительству газопровода. Это был момент становления «Газпром добыча Оренбург».

ООО «Газпром добыча Оренбург» создано на базе уникального газоконденсатного месторождения с

запасами около 1,9 трлн м³ газа и 120 млн т конденсата, открытого в 1966 г.

ООО «Газпром добыча Оренбург» — это современный производственный комплекс, основными звеньями которого являются два завода Оренбурга — газоперерабатывающий и гелиевый (рис. 1).

Оренбургский газоперерабатывающий завод

Оренбургский ГПЗ — крупнейшее предприятие в Европе с проектной производительностью каждой из трёх очередей 15 млрд м³ сырого газа Оренбургского НГКМ, который перерабатывает природный газ, нестабильный газовый конденсат и нефть Оренбургского месторождения и Карачаганакского ГКМ Республики Казахстан [2].

Оренбургский газоперерабатывающий завод (ОГПЗ) технологически связан с гелиевым заводом. В состав завода входят девять установок по выпуску



Рис. 1. Оренбургский ГПК — газоперерабатывающий и гелиевый заводы



Сергей Иванович Иванов

Генеральный директор ООО «Газпром добыча Оренбург»

С.И. Иванов родился 29 марта 1950 г. в селе Михайловка Мелеузовского района Башкирской АССР. С отличием окончил Уфимский нефтяной институт, аспирантуру РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. Кандидат технических наук, профессор, член-корреспондент Украинской нефтегазовой академии, действительный член академии горных наук.

1975-1982 гг. — работал в «Сахалинморнефтегазпром».

1982-1983 гг. — руководитель группы технико-экономического проектирования, главный инженер проекта института «СахалинНИПИ-нефтегаз».

1983-1989 гг. — направлен на освоение нефтяных и газовых месторождений на шельфе Черного и Азовского морей.

1989-1995 гг. — возглавлял производственно-технический отдел совместного российско-вьетнамского предприятия «Вьетсовпетро» объединения «Зарубежнефть» во Вьетнаме.

1995 г. — Первый зам. председателя, затем и.о. председателя Правления АО «Черноморнефтегаз» (Украина).

2002-2003 гг. — Министр топлива и энергетики Автономной Республики Крым, Украина.

С 2003 г. — Ген. директор ООО «Газпром добыча Оренбург»

товарного газа, семь установок по выпуску газовой серы, три установки по стабилизации конденсата (рис. 2).

На ОГПЗ перерабатывается сырьё с большим содержанием сернистых соединений, поэтому более чем за 40 лет ОГПЗ накопил огромный опыт в процессах получения элементарной серы из сероводородсодержащего сырья.

Хронология становления и развития Оренбургского ГПЗ

6 ноября 1966 г. открыто Оренбургское газоконденсатное месторождение, с которого начался новый этап в истории Оренбургской области и нефтегазовой отрасли страны. В 1969 г. Государственный комитет СССР по запасам утвердил запасы по месторождению около 900 млрд м³ природного газа и 75 млн т конденсата.

В 1970 г. начались первые геодезические работы, в 1971 г. объявлено начало строительства, а в 1972 г. начался монтаж оборудования первой очереди.

В 1971-1978 гг. построен и выведен на проектную мощность завод по переработке 45 млрд м³ природного газа, что составляло на тот момент 20% общего баланса газоснабжения страны.

В создании первой очереди комплекса приняли участие 36 проектных и научно-исследовательских институтов, среди которых ведущую роль играли ЮЖНИИГИПРОГАЗ и ВНИИГАЗ.

27 апреля 1972 г. в Москве был заключён контракт с французской фирмой «Косеи» на поставку комплексного оборудования трёх установок по очистке газа от серы с годовой производительностью 15 млрд м³ очищенного газа и 450 тыс. т серы [4].



Рис. 2. Оренбургский газоперерабатывающий завод



Морозов Михаил Михайлович
 Директор ГПЗ ООО «Газпром добыча Оренбург»

С 18 октября 2012 г. директором Оренбургского газоперерабатывающего завода был назначен Морозов Михаил Михайлович, который свой трудовой путь начинал на этом же предприятии с должности оператора технологических установок [3]

В 1973 г. директором завода стал *В.С. Черномырдин* (рис. 3).



Рис. 3. Посещение завода в 1975 г. А.Н. Косыгиным — председателем Совета министров СССР (в центре — А.Н. Косыгин, справа от него — директор В.С. Черномырдин)

В сентябре 1973 г. образован Цех № 1 очистки газов от сернистых соединений. В феврале 1973 г. Управление по строительству ГПЗ и магистральных трубопроводов было реорганизовано в производственное объединение «Оренбурггаззаводы», а в августе все его предприятия переданы в состав «Оренбурггазпром» — Всесоюзного объединения по добыче, переработке и транспортировке газа.

В феврале 1974 г. первый газ принят на замерный пункт завода, в газопровод Оренбург–Заинск подан первый очищенный товарный газ.

29 июня 1974 г. Государственная приёмочная комиссия СССР приняла в эксплуатацию пусковой

комплекс первой очереди ОГПЗ. Началось освоение импортного оборудования и отлаживание технологического режима установок. Полученный опыт позволил в дальнейшем ввести в эксплуатацию вторую и третью очереди завода.

В 1975 г. введена в эксплуатацию вторая очередь ОГПЗ. В декабре технологические установки второй очереди были выведены на технологический режим и проектную мощность.

8 февраля 1978 г. на заводе переработан стомиллиардный кубометр газа.

В 1979 г. пущена в эксплуатацию третья очередь завода мощностью 15 млрд м³ газа в год с более совершенной технологической схемой.

Через магистральный газопровод «Союз» оренбургский газ начали принимать в Восточной Европе.

В 1979 г. достигнут максимальный уровень добычи и переработки, который составил 48,7 млрд м³ газа [4].

В 1979 г. главным инженером завода назначен *В.Р. Грунвальд*, в марте 1980 г. директором завода стал *Б.М. Гальперин* [5].

В 1981 г. введена в эксплуатацию установка опытного производства отечественного одоранта — смеси природных легкокипящих меркаптанов, а в 1982 г. начал действовать конденсаторопровод Оренбург–Салават–Уфа протяжённостью 416 км.

В октябре 1984 г. на ОГПЗ началась переработка сырья с Карачаганакского газоконденсатного месторождения под началом нового директора — *В.И. Вакулина* и главного инженера — *В.Я. Климова*.

В 1991 г. из состава «Оренбурггазпром» исключены предприятия и подразделения «Казахгазпрома», в 1993 г. предприятие «Оренбурггазпром» преобразовано в дочернее предприятие по добыче, переработке и транспортировке «Газпром».

В 1994-1995 гг. открыта газоконденсатная залежь в самарских отложениях на востоке Оренбургского месторождения, залежь нефти на Нагумановской площади и газоконденсатные залежи в башкирских отложениях на востоке Оренбургского НГКМ.

В 2001 г. переработан триллионный кубометр сырого газа Оренбургского месторождения [6].

1 октября 2003 г. введён конечный участок газопровода УКПГ-16 — ГПЗ, что позволило обеспечить приём и переработку газа Карачаганакского месторождения в объёме 7 млрд м³ в год.

В 2006 г. в Уральске подписано межправительственное российско-казахстанское соглашение о создании совместного предприятия на базе Оренбургского ГПЗ для переработки 17,6 млрд м³ газа Карачаганакского месторождения [7]. Завершено строительство дожимной компрессорной станции № 3.

В 2007 г. завершена реконструкция системы экологического мониторинга. Получено свидетельство об открытии Акобинского газоконденсатного месторождения.

В 2008 г. сера перешла в собственность Газпрома и все контракты с зарубежными покупателями серы

заклучает «Газпром экспорт», а за внутренние продажи отвечает «Газпром сера».

В 2011 г. центральная заводская лаборатория ГПЗ была аккредитована до 2016 г. Начато строительство установки по производству модифицированной серы проектной мощностью 120 тыс.т в год.

В 2013 г. ООО «Газпром добыча Оренбург» отметило своё 45-летие.

Сырьевая база, производство и основные виды продукции

Природный газ Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения содержит 0,055% об. гелия, до 2,7% H_2S , до 1,6% CO_2 и представляет собой смесь лёгких углеводородов (C_1-C_4) с примесями инертных (азот, диоксид углерода) и агрессивных (сероводород, меркаптановая сера, сероуглерод, серооксид углерода) компонентов.

На ГПЗ осуществляется глубокая осушка от влаги и очистка газа от H_2S , меркаптановой серы, CS_2 , CO_2 , COS , выделение из газа тяжёлых углеводородов методом низкотемпературной абсорбции, очистка и стабилизация углеводородного конденсата и выделение ШФЛУ и газового бензина из конденсата. Сероводород используется для производства серы, а меркаптаны — для производства одорантов [1].

В состав ГПЗ вошли три очереди:

I очередь

- по сырьевому газу — 15 млрд nm^3 /год;
- по стабильному конденсату — 1,6 млн т/год;
- по сере — 540 тыс.т/год с установками до-

очистки отходящих газов.

II очередь

- по сырьевому газу 15 млрд nm^3 /год;
- по нестабильному конденсату — 0,8 млн т/год;
- по сере — 540 тыс.т/год с установками до-

очистки отходящих газов.

В настоящее время выведена из эксплуатации установка У-01 по сырьевому газу мощностью 5 млрд nm^3 /год.

III очередь

- по сырьевому газу 15 млрд m^3 /год;
- по нестабильному конденсату — 1,2 млн т/год;
- по сере — 640 тыс т/год с установками до-

очистки отходящих газов.

В настоящее время одна газовая нитка занята под очистку газов регенерации адсорбента (2,5 млрд m^3 /год).

IV очередь не была введена в эксплуатацию. Предназначалась для очистки газа с Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения без смешения с оренбургским газом [1].

Таким образом, общая проектная мощность по газу на трёх очередях завода — 45 млрд m^3 /год. Общая мощность по сырьевому газу на данный момент — 37,5 млрд m^3 /год.

Схема потоков Оренбургского ГПЗ представлена на рис. 4 и на рис. 5 — схема первой очереди завода. Технологическая структура и действующие мощности установок завода представлены в табл. 1.

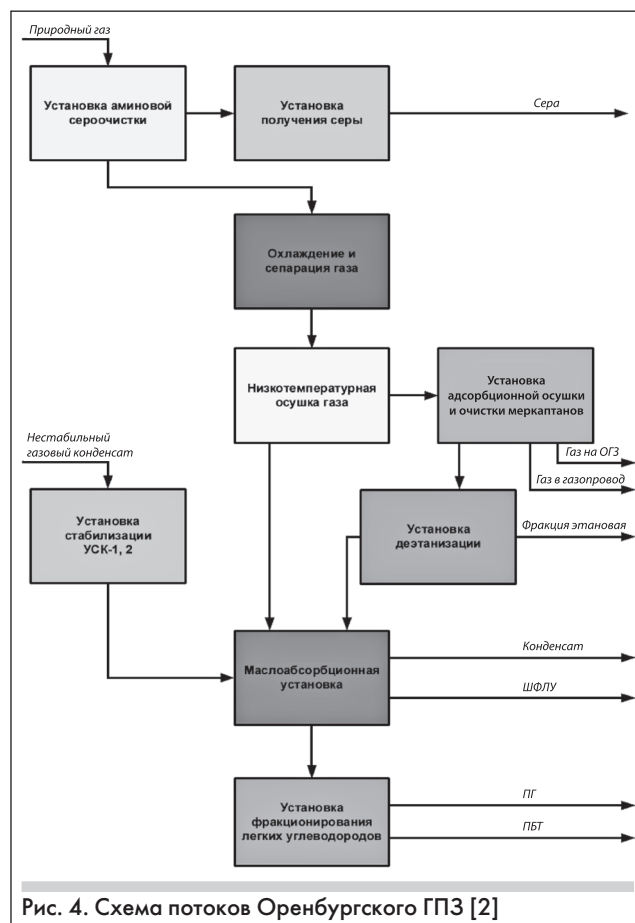


Рис. 4. Схема потоков Оренбургского ГПЗ [2]

Таблица 1

Технологическая структура и действующие мощности установок Оренбургского ГПЗ [2]

Технологический процесс	Число установок	Год ввода	Мощность
Очистка газа от H_2S и CO_2 и низкотемпературная осушка, млн m^3	8	1974-1978	37500
Цеолитовая очистка от меркаптанов, млн m^3	2		6000
Производство серы, тыс.т	7		1500
Стабилизация конденсата, тыс.т	5		6260
Грануляция серы, тыс.т	1	2000	Нет данных

Сырьём первой очереди является газ, очищенный на ГПЗ от H_2S на установках аминовой очистки и от меркаптанов на адсорбционной установке; второй и третьей — газ, очищенный на ГПЗ от H_2S и доочищенный от меркаптанов на установке гелиевого завода [1].

Схемы первой и второй очередей аналогичны по технологии переработки газа и включают следующие стадии:

- очистка газа с отделением механической сепарации, сероочистка газа раствором ДЭА + МДЭА и

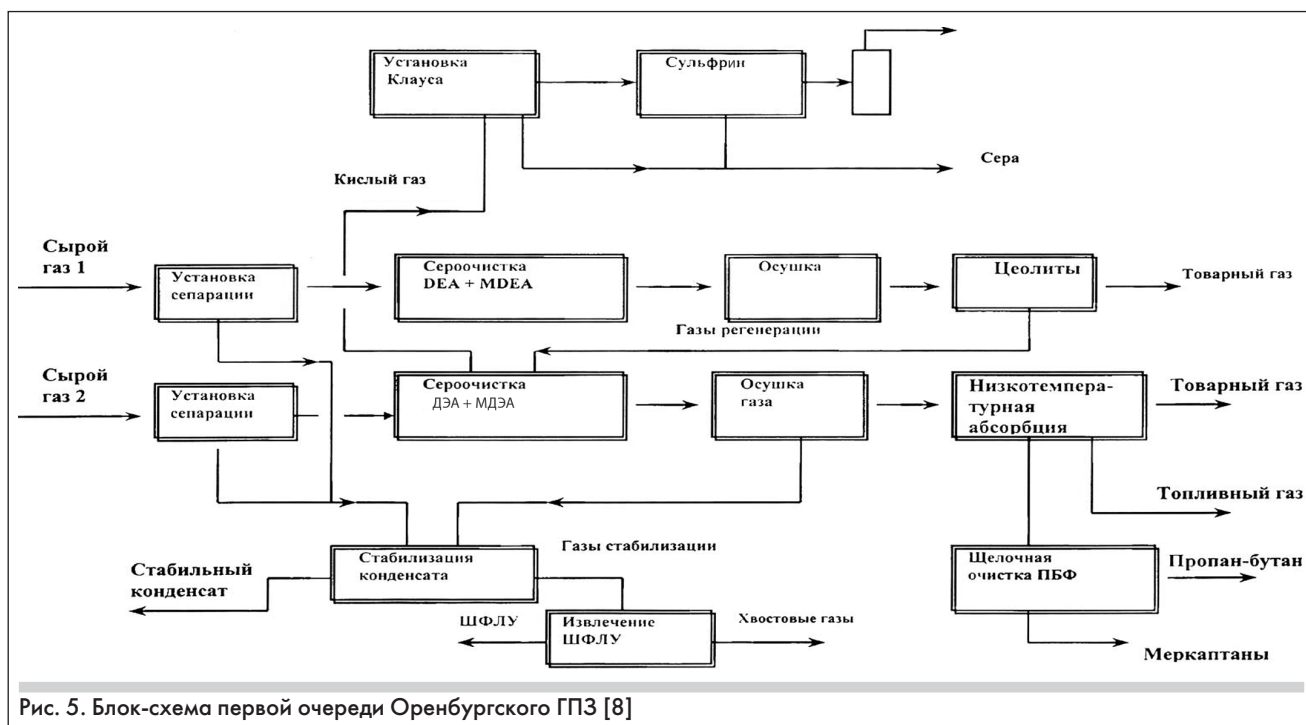


Рис. 5. Блок-схема первой очереди Оренбургского ГПЗ [8]

низкотемпературная осушка газа с использованием пропанового холодильного цикла;

- очистка и стабилизация углеводородного конденсата;
- производство серы по методу Клауса с доочисткой отходящих газов (метод Sulfreeen);
- получение ШФЛУ из газа стабилизации конденсата;
- очистка газа от меркаптанов на цеолитах [8].

Третья очередь отличается наличием установки низкотемпературной масляной абсорбции, на которой происходит отбензинивание и получение сжиженного газа, а также наличием узла пиролиза серооксида углерода, что позволяет совместно с процессом очистки от меркаптановой серы значительно сократить содержание серы по сравнению с первой и второй очередями [1].

Вся товарная продукция, выпускаемая на заводе, сертифицирована и выпускается в соответствии с требованиями нормативных документов:

- газ горючий природный — поставляется и транспортируется через систему магистральных газопроводов «Союз», «Оренбург–Самара», «Оренбург–Заинск», «ГПУ»;
- сырьевой газ — подаётся с ГПЗ на гелиевый завод для дальнейшей очистки от меркаптанов и дополнительной осушки и дальше на гелиевые блоки ГЗ;
- конденсат газовый стабильный в смеси с нефтью ООО «Газпром добыча Оренбург» — транспортируется на перерабатывающие мощности ОАО «Газпром нефтехим Салават» и Уфимского НПЗ;
- газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления (марка СПБТ) и газы углеводородные сжиженные топливные (марка ПБТ);

- сера техническая газовая жидкая, комовая, гранулированная — поступает на предприятия химической промышленности (для производства минеральных удобрений), фармацевтической промышленности, сельского хозяйства;
- одорант природный ООО «Оренбурггазпром» — смесь природных меркаптанов — применяется для одорирования природного газа, поступающего в коммунально-бытовую сеть;
- газы углеводородные — применяются для автомобильного транспорта;
- газ горючий природный — используется в качестве топлива на Каргалинской ТЭЦ (КТЭЦ);
- опытные партии дисульфидного масла [6].

Поставки основных продуктов, выпускаемых на Оренбургском ГПЗ (тыс. т), представлены ниже [2].

На внутренний рынок

ШФЛУ	34,3
Газпром нефтехим Салават	34,3
Нафта	106,5
Нижнекамскнефтехим	9,1
Синтез-Каучук (Башкортостан) ...	97,4
Газы углеводородные сжиженные ...	322,8
Нижнекамскнефтехим	15,4
Тольяттикаучук	6,9
Новокуйбышевская НХК	9,2
Казаньоргсинтез	1,4
Уралоргсинтез	0,9
Синтез-Каучук	0,2

Для коммунально-бытовых нужд, автотранспорта и прочих целей 288,8

На внешний рынок (2010 г.)

Газы углеводородные сжиженные (всего), в страны:	412,4
--	-------

Польшу	172,7
Турцию	98,6
Албанию	12,9
Белоруссию	11,7
Болгарию	42,2
Венгрию	16,9
Италию	17,1
Латвию	13,8
Молдавию	8,8
Украину	7,0
Румынию	5,7
Нидерланды	2,0
Казахстан	1,4
Словакию	1,6

На заводе семь установок Клауса и шесть установок Сульфрин. На трёх очередях завода эксплуатируется прямой процесс Клауса: на I и III очередях — две установки с двумя каталитическими конверторами на каждой очереди, на II очереди — три установки с тремя каталитическими конверторами, что позволяет получить максимальную конверсию по сравнению с I и II очередями. На всех трёх очередях ОГПЗ используют процесс Сульфрин для очистки отходящих газов.

Природный газ, содержащий до 2% об. сероводорода, пропускают через абсорбент, в результате чего получается концентрированный сероводород, из которого далее производят элементарную серу высокой чистоты, которая затем направляется потребителям.

Общая проектная мощность по производству серы на ГПЗ составляет 1549,8 тыс.т/год; на установках Клауса трёх очередей завода — 1492 тыс.т/год и дополнительно извлекаемая сера на установках Сульфрин — 57,8 тыс.т/год. Трудности эксплуатации установок Клауса связаны с изменением состава кислого газа по сравнению с проектным, так как на очистку также поступает газ Карачаганакского месторождения, который по составу сильно отличается от газа ОГКМ. В результате снижается содержание сероводорода в кислом газе до 50% об. и нарушается соотношение $H_2S:SO_2 = 2:1$, что влияет на конверсию процесса.

Установки Клауса большой мощности на ОГПЗ эксплуатируются уже более 40 лет, и с целью снижения затрат на реконструкцию проводят локальные внедрения научных разработок. Так, капитальные затраты на модернизацию установок Клауса производительностью 500 т/сут для повышения конверсии до 99,8% могут составить более 50 млн долл.

В настоящее время традиционные установки Клауса, включающие одну термическую и две-три каталитические ступени конверсии сероводорода, способны обеспечить степень извлечения серы не более 98,8-99,0%, поэтому для увеличения конверсии установку Клауса дополняют узлом доочистки хвостовых отходящих технологических газов [1].

Перспективные направления развития Оренбургского ГПЗ

В 2011 г. было начато строительство установки по производству модифицированной серы, которая предназначена для использования в производстве асфальтобетона для дорожного строительства, а также для изготовления тротуарной плитки и бордюрного камня. Проектная мощность установки составляет 120 тыс.т модифицированной серы в год. Это позволит решить проблему утилизации серы на внутреннем рынке и не зависеть от востребованности серы и цен на неё на мировом рынке (рис. 6).



Рис. 6. Медведев Д.А. с руководством ООО «Газпром добыча Оренбург» обсуждают вопрос о расширении мощностей ГПЗ для увеличения объёмов переработки газа КНГКМ до 16-17,6 млрд м³/год

В 2014-2015 гг. «КазРосГаз» — совместное предприятие национальной нефтегазовой компании «КазМунайГаз» и «Газпрома» планирует ввести в эксплуатацию базу по грануляции серы на Оренбургском ГПЗ, что позволит бесперебойно перерабатывать газ Карачаганакского месторождения на Оренбургском ГПЗ и поставлять товарный газ в Казахстан, улучшить эффективность реализации серы (обеспечит её хранение, упаковку и транспортировку в соответствии с международными стандартами). В период 2012-2015 гг. планируется выполнение строительно-монтажных работ [9].

Благодаря многообразию сырья, научных и проектных разработок необходимо внедрять технологии, позволяющие получать новые продукты из компонентов газа:

- новые модификации серы и серосодержащие продукты (серобетон и сероасфальт);
- новые виды одорантов. Оренбургский ГПЗ является единственным производителем отечественного одоранта;
- индивидуальные меркаптаны (метил- и этилмеркаптаны), которые используются как товарные продукты, а также в качестве сырья для газохимии;
- целевые продукты из меркаптанов;
- продукты разделения и переработки дисульфидов. ОАО «ВНИИУС» разработана технология переработки дисульфидов в диалкилдисульфиды, дисульфидное масло и тиофены [1].

В ближайшее время на ОГПЗ планируется ряд реконструкций:

- техперевооружение объектов III очереди ОГПЗ для возможности приёма газа с Карачаганакского месторождения;
- техперевооружение I и II очереди для соответствия их современным требованиям безопасности;
- реконструкция объектов III очереди в связи с изменением состава сырья, что позволит выпускать СУГ в соответствии с международным стандартом EN 589, одорант повышенного качества, диалкилдисульфиды;
- создание производства полиэтилена и полипропилена, синтетических моторных топлив и других химических продуктов на базе синтез-газа [1];
- улучшение природоохранной деятельности завода (см. следующий раздел).

Экология

ООО «Газпром добыча Оренбург» уделяет большое внимание экологической безопасности. Внедрение мероприятий природоохранного характера позволило снизить выбросы загрязняющих веществ до нормативных.

Контроль за состоянием экологической обстановки ведётся заводскими лабораториями и сторонними организациями, такими как ООО «Теллур», ООО «НПФ «Экобис», ГУ «Государственная инспекция по охране окружающей среды Оренбургской области» и др. [10].

Применение современных технологий и совершенствование действующих производств (внедрение установки по очистке пропан-бутановой фракции по технологии «Мерокс» и замена поршневых компрессоров на центробежные) позволили достичь снижения выбросов загрязняющих веществ на 2257 т [11].

В 2014 г. ООО «Газпром добыча Оренбург» награждено дипломом экологического фонда им. В.И. Вернадского за организацию мероприятий общероссийского осеннего экологического субботника «Живая Планета — Сделаем Вместе».

Планируется ряд мероприятий для улучшения экологической обстановки:

- полная автоматизация системы мониторинга атмосферного воздуха;
- строительство современного комплекса очистных сооружений на заводе с целью создания бессточной системы водопользования;
- реконструкция факельных систем;
- создание системы управления охраной окружающей среды в соответствии с международными требованиями [10];
- реконструкция системы сбора и переработки низконапорных газов и газов регенерации цеолитов с установкой дополнительных компрессоров, что позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить конверсию и технологическую эффективность [1].

В результате комплекса предпринятых мер природоохранная деятельность завода оценивается удовлетворительной: низкий комплексный индекс загрязнения воздуха (не превышает допустимых 23%); качество почв, поверхностных вод водоёмов и верхних водоносных горизонтов не подверглось существенным изменениям; отсутствие влияния на здоровье людей, проживающих в Оренбургском районе [10].

Заводская лаборатория, в состав которой входит группа по контролю воздушного бассейна, осуществляющая мониторинг качества атмосферного воздуха, была аккредитована в 2011 г. до 2016 г. [12,13].

Оренбургский гелиевый завод (ООО «Газпром добыча Оренбург»)

Гелий — уникальный и практически не возобновляемый ресурс, встречающийся в земных условиях, в основном в природном газе.

Гелий — источник энергии будущего. Он определяет развитие многих ключевых отраслей хозяйства, экономический, интеллектуальный, энергетический и военный потенциал любой страны. Это стратегический продукт, роль которого в развитии научно-технического прогресса будет постоянно расти. Россия — одна из немногих стран, обладающих крупными природными запасами гелия и большим научным потенциалом в области гелиевых технологий [14,15].



Молчанов Сергей Александрович
Директор гелиевого завода
ООО «Газпром добыча Оренбург»

С.А. Молчанов родился 23 октября 1969 г. в г. Салават Республики Башкортостан. Образование высшее, в 1994 г. окончил Московский институт нефти и газа им. И.М. Губкина.

С 1988 по 1989 гг. проходил действительную военную службу в рядах Советской Армии.

Трудовую деятельность начал в НИИ «ВолгоУралНИПИГаз», затем продолжил работать на гелиевом заводе ООО «Оренбурггазпром». В июне 1995 г. — заместитель технического директора Оренбургского филиала ТОО «Криор».

В 2000 г. переведён на газоперерабатывающий завод ООО «Оренбурггазпром» на должность заместителя начальника технического отдела.

В 2003 г. назначен главным технологом Оренбургского ГПЗ.

С 2005 г. возглавил технический отдел ООО «Оренбурггазпром».

В декабре 2006 г. назначен директором гелиевого завода ООО «Оренбурггазпром» (ныне ООО «Газпром добыча Оренбург»)

В России с 1978 г. функционирует единственный производитель и поставщик гелия — гелиевый завод ООО «Газпром добыча Оренбург». Оренбургский гелиевый завод (ОГЗ) — это одна из составных частей крупного газоперерабатывающего комплекса (ГПК), созданного на базе уникального нефтегазо-конденсатного месторождения, содержащего гелий.

Газообразный гелий получают в основном из гелийсодержащих природных и попутных нефтяных газов. В мировой практике разработка гелиеносных месторождений с содержанием гелия в газе менее 0,1% считается нецелесообразной. Концентрация гелия в природном газе Оренбургского нефтегазо-конденсатного месторождения (ОНГКМ) составляет до 0,055% об. Однако с учётом газового потенциала месторождения представилась возможность получать миллионы кубометров гелия [14].

Основные этапы становления и развития Оренбургского гелиевого завода

На момент открытия месторождения в мировой практике опыт извлечения гелия из «бедных» гелиеносных газов отсутствовал. Однако правительством СССР было принято решение о разработке новой технологии и создании в г. Оренбурге соответствующего производства с целью обеспечения потребностей СССР, в первую очередь военно-промышленного комплекса и космонавтики, гелием.

Строительство гелиевого завода дало мощный толчок к развитию машиностроительной промышленности. Для комплектации I очереди строительства завода были поставлены головные образцы оборудования. Для транспортировки сжатого до 400 атм газообразного гелия в 1979 г. был создан железнодорожный баллонный агрегат [14].

Первоначальная эксплуатация ОГЗ рассматривалась как опытно-промышленная, с уточнением всех режимных и расходных показателей.

В настоящее время Оренбургский гелиевый завод состоит из трёх очередей, на которых действуют пять гелиевых блоков, введённых в эксплуатацию в период с 1979 по 1989 гг. (рис. 7).



Рис. 7. Гелиевый завод ООО «Газпром добыча Оренбург»

Переработка добываемого природного газа с выработкой товарной продукции ведётся с 1978 г. За всё время работы максимальный объём производства гелия на ОГЗ составил 9,2 млн м³ в год. В насто-

ящее время выработка гелия сократилась в связи со снижением объёмов добычи газа.

Товарная продукция ОГЗ:

- газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам СТО Газпром 089-2010;
- газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления (СПБТ, ПТ, БТ) ГОСТ 20448-90;
- газы российского региона углеводородные сжиженные, поставляемые на экспорт (ПТ, СПБТ) ГОСТ Р 51104-97;
- газы углеводородные сжиженные топливные (ПТ, ПА, ПБА, ПБТ, БТ) ГОСТ Р 52087-2003;
- газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта (ПБА, ПА) ГОСТ 27578-87 с изм. 1;
- фракция бутановая (марка А, Б) ТУ 0272-533-04864476-2009 с изм. 1, 2, 3;
- фракция широкая лёгких углеводородов (марка А, Б) ТУ 38.101524-93 с изм. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8;
- фракция этановая (марка А, Б) ТУ 0272-022-00151638-99 с изм. 1, 2;
- фракция пентан-гексановая ТУ 51-525-98 с изм. 1, 2;
- фракция углеводородная ТУ 0272-078-00151638-2007 с изм. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8;
- конденсат газовый СТО 0-03-02-2008;
- гелий газообразный (сжатый) (марка А, Б) ТУ 0271-135-31323949-2005 с изм. 1, 2;
- концентрат гелиевый ТУ 0271-116-04864476-2008;
- топливо для двигателей внутреннего сгорания. Сжиженный нефтяной газ, марка СПБТ ЕН 589;
- кислород жидкий технический (1, 2 сорт), кислород жидкий медицинский ГОСТ 6331-78 с изм. 1, 2, 3;
- азот газообразный и жидкий, азот жидкий технический (1 сорт), азот жидкий особой чистоты (2 сорт) ГОСТ 9293-74 с изм. 1, 2, 3;
- смеси газовые поверочные — стандартные образцы состава ТУ 6-16-2956-92 с изм. 1, 2, 3, 4;
- смеси газовые двухкомпонентные. Гелий в азоте ТУ 51-123-01-95 с изм. 1;
- смеси газовые двухкомпонентные. Двуокись углерода в гелии ТУ 51-123-02-95 с изм. 1;
- смеси газовые двухкомпонентные. Азот в гелии ТУ 51-123-03-95 с изм. 1;
- смеси газовые двухкомпонентные. Гелий в аргоне ТУ 51-123-04-95 с изм. 1;
- смеси газовые двухкомпонентные. Метан в гелии ТУ 51-123-05-95 с изм. 1.

Промышленное извлечение гелия

Промышленное извлечение гелия из природного газа характеризуется большим разнообразием применяемых технологических процессов и широким диапазоном технологических параметров: температуры — от минус 203°С до плюс 430°С, давления —

от глубокого вакуума до 400 атм, что требует применения соответствующих материалов и оборудования [8].

На гелиевом заводе применяется классическая технология выделения газообразного гелия, состоящая из двух стадий: на первой стадии выделяется гелиевый концентрат с содержанием гелия не менее 80%, на второй — получается гелий высокой чистоты с содержанием гелия не ниже 99,99%, который и является товарной продукцией. Схема получения гелиевого концентрата представлена на рис. 8 [15].

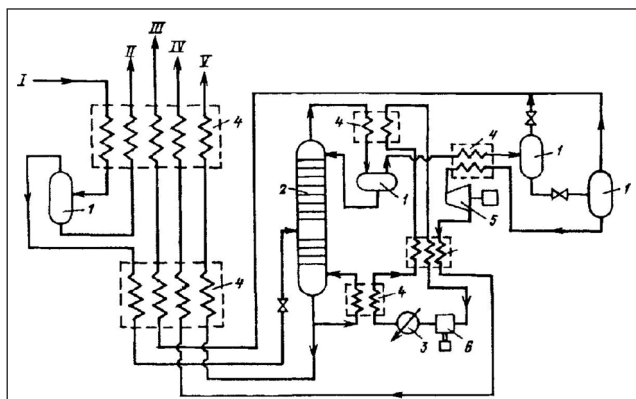


Рис. 8. Принципиальная схема получения гелиевого концентрата:

1 — сепараторы; 2 — колонны; 3 — холодильник; 4 — рекуперативные теплообменники; 5 — турбодетандер; 6 — компрессор.
Потоки: I — природный газ; II — жидкие углеводороды; III — гелиевый концентрат; IV — концентрат азота; V — сухой газ (метан-азотная смесь)

В настоящее время в связи с разработкой на Севере и Дальнем Востоке крупных гелийсодержащих газовых месторождений очень актуален вопрос выделения гелия по мембранной технологии, поэтому исследования в этом направлении активно развиваются [15].

Метод менее энергоёмок по сравнению с криогенным и позволяет получить не только гелиевый концентрат, но и выделить чистый гелий. Мембраны должны обладать высокой проницаемостью для гелия и высокой селективностью, быть химически

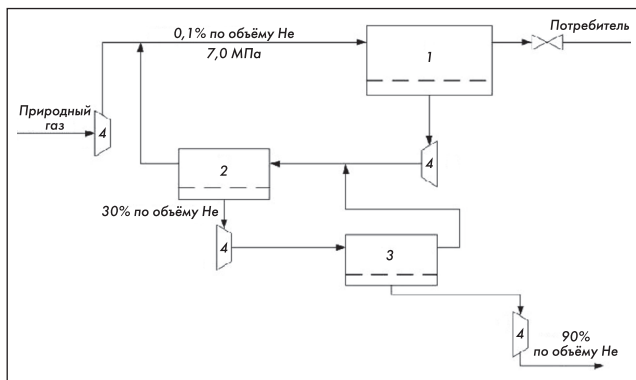


Рис. 9. Принципиальная схема мембранной трёхступенчатой установки получения гелиевого концентрата из природного газа:

1, 2, 3 — мембранные аппараты первой, второй и третьей ступени соответственно; 4 — компрессоры

и физически стабильными, иметь высокую прочность. На рис. 9 представлена принципиальная схема мембранной трёхступенчатой установки. Для изготовления мембран можно использовать кварцевое стекло, но более эффективны полимерные мембраны — полиэфиримиды, блок-сополимеры с тетрафторэтиленом, на основе ацетата целлюлозы, поликарбонатов и полисульфонов. Промышленные мембранные аппараты должны иметь высокую степень упаковки, быть технологичными в сборке, доступными для осмотра и ремонта, надёжными и работоспособными в течение длительного времени, обеспечивать равномерное распределение газовых потоков, иметь невысокое гидравлическое сопротивление и быть герметичными.

Для очистки гелия от микропримесей используются низкотемпературные процессы конденсации (НТК) и НТ-адсорбции, которые протекают при минус 175-200°С. Мембранное разделение позволяет снизить энергоёмкость процесса.

Эффективна комбинация мембранного и криогенного методов: получение гелиевого концентрата (75-95% об. He) по мембранной технологии с последующим криогенным выделением чистого гелия (НТК и НТ-адсорбция), что позволяет на 20% снизить себестоимость товарного продукта по сравнению с криогенным способом [8].

Гелиевый концентрат является полупродуктом, который по технологической цепи поступает в блок тонкой очистки гелия для получения товарного газообразного гелия либо на подземное хранение гелиевого концентрата.

Тонкая очистка гелия

Товарный гелий применяется в криогенной технике, для создания инертной и регулируемой воздушной среды, при плавке, резке и сварке металлов, в газовой хроматографии, для охлаждения ядерных реакторов, в течеискателях и для других целей.

Большинство технических решений на ОГЗ оказалось высокоэффективным и успешно работает сегодня. Вместе с тем потребовалось немало усилий для совершенствования технологических процессов и отдельных видов оборудования.

Так, в отделении тонкой очистки гелия первой очереди завода были опробованы различные методы очистки гелия от азота и водорода.

Очистка от азота методом промывки жидким метаном с последующим вымораживанием метана потребовала больших энергетических затрат и была вытеснена другим, более технологичным и менее затратным методом — непрерывной прямоточной конденсацией при высоком давлении и охлаждении жидким азотом.

Очистка от водорода по первоначальным проектным решениям осуществлялась в реакторах на оксиде меди. В дальнейшем был предложен более совершенный и экономичный процесс каталитической очистки гелиевого концентрата на алюмоплатиновом катализаторе марки АП-64: процесс непре-

рывный, объём оборудования в десятки раз меньше.

Очистка гелия от остальных микропримесей осуществляется методом адсорбции на активированном угле при криогенных температурах либо при его ожигении.

Эти технические решения были опробованы на 1-й очереди завода и впоследствии применены при строительстве 2-й и 3-й очередей.

Для производства гелия нужен холод, одним из источников которого является расширение газа в турбодетандерных агрегатах ТКО-75/42, специально созданных для этого на Казанском компрессорном заводе.

В начале 1980-х годов их впервые применили на ОГЗ, где в процессе эксплуатации были выявлены серьёзные недостатки: унос масла, непрочная конструкция компрессорных колёс ротора, малый межремонтный пробег. При непосредственном участии инженерно-технических работников гелиевого завода в короткий срок эти недостатки были ликвидированы. С тех пор прошло много лет, турбодетандеры работают на всех пяти гелиевых блоках и хорошо себя зарекомендовали.

Извлекается гелий методами глубокого охлаждения, причём процесс осуществляется в две стадии: получение так называемого сырого гелия и последующая его очистка.

Существующая схема тонкой очистки гелия на ОГЗ приведена на рис. 10. Тонкая очистка гелия

обеспечивается проведением следующих технологических процессов:

- очистка гелиевого концентрата от примесей водорода, путём окисления последнего кислородом на алюмоплатиновом катализаторе;
- конденсационная осушка гелия;
- адсорбционная осушка гелия;
- конденсационная очистка гелия от примесей азота;
- адсорбционная очистка гелия от азота, неона, остатков водорода.

В рассматриваемой технологической схеме можно выделить два технологических процесса: процесс адсорбции и процесс окисления.

Одним из основных свойств адсорбентов является изменение поглотительной способности в зависимости от внешних условий — с понижением температуры и с повышением давления поглотительная способность растёт, а с повышением температуры и с уменьшением давления — падает. Это позволяет организовать непрерывный технологический процесс очистки от примесей, используя переключающиеся аппараты, работающие либо в режиме адсорбции, либо — регенерации. Кроме того, поглотительная способность сорбентов для конкретных примесей максимальна при температуре, близкой к температуре конденсации данной примеси, что позволяет технологически организовать процесс оптимального поглощения конкретных примесей.

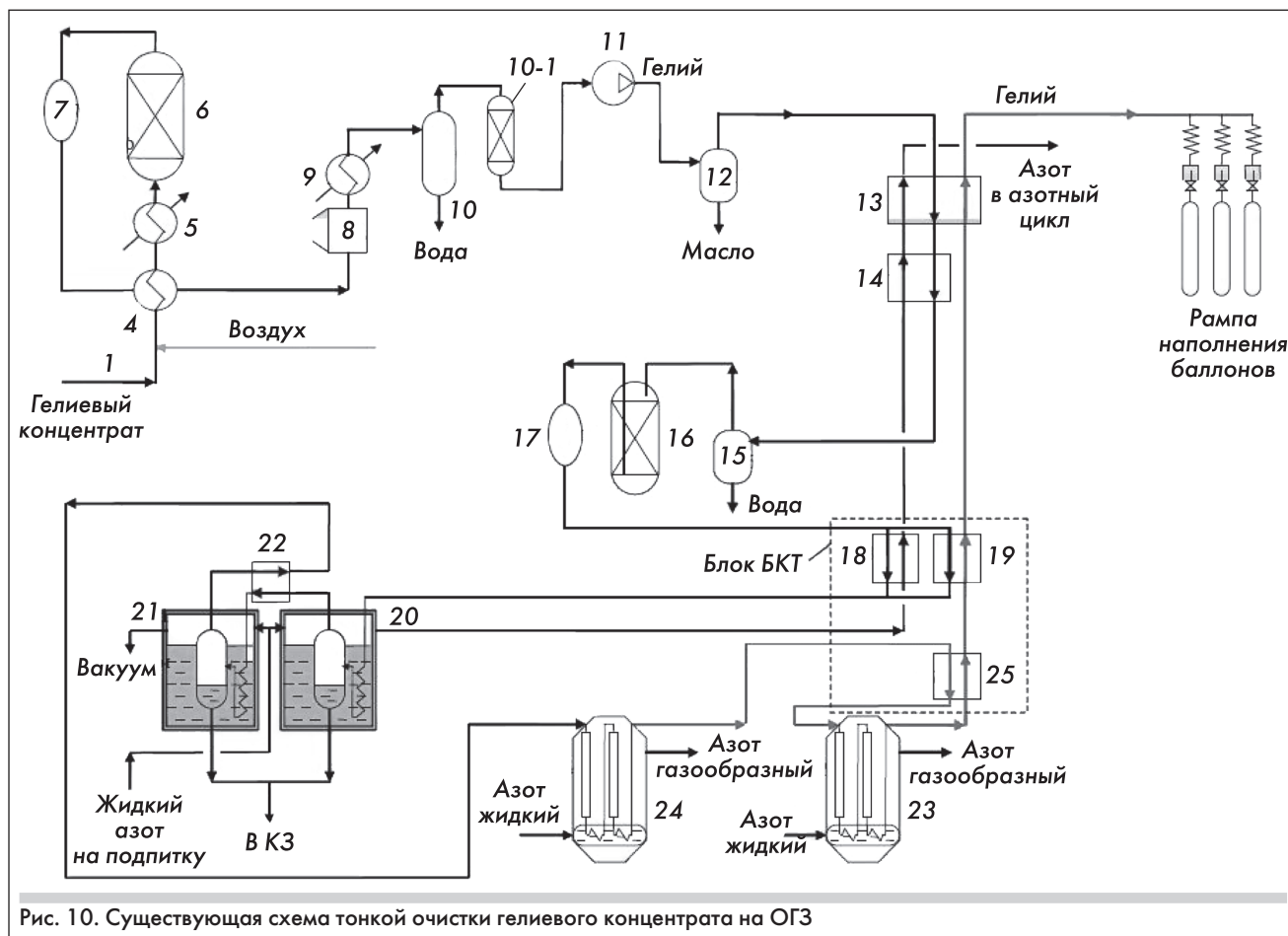


Рис. 10. Существующая схема тонкой очистки гелиевого концентрата на ОГЗ

Процесс окисления — процесс очистки гелиевого концентрата от водорода основан на методе каталитического окисления водорода кислородом с образованием воды, которая затем удаляется из газового потока путём конденсации и адсорбции.

Кроме вышеуказанных процессов в предлагаемой схеме используются физические процессы: конденсация и теплообмен.

Конденсация используется для первичного удаления соответствующих примесей и осуществляется для каждой примеси на соответствующем температурном уровне.

Теплообмен обеспечивает получение оптимальных температур для процессов конденсации и адсорбции [14].

Потребление гелия — показатель уровня развития высоких технологий в стране

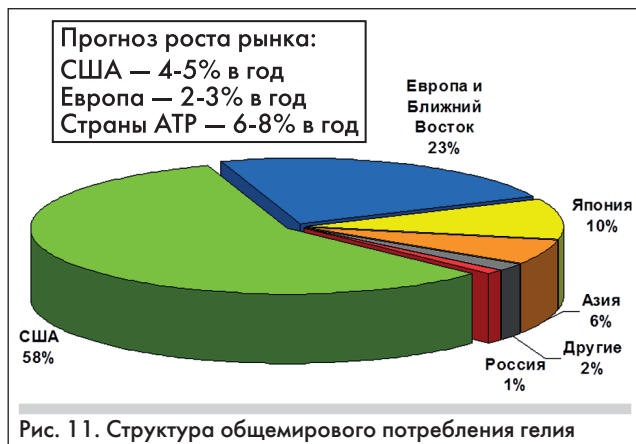


Рис. 11. Структура общемирового потребления гелия

Один из основных показателей развития высокотехнологичных и наукоёмких отраслей экономики любой страны — это уровень годового потребления гелия (рис. 11). Гелий используется в большинстве наукоёмких технологий, в том числе энергетических, ядерных, термоядерных, космических, он является сырьём для развития ряда ключевых отраслей современного хозяйства: авиаракетной, электронной, атомной промышленности, в медицине, фундаментальных и прикладных науках [16]. В перспективе, в связи с развитием новых направлений научно-технического прогресса, включая управляемый термоядерный синтез и развитие воз-

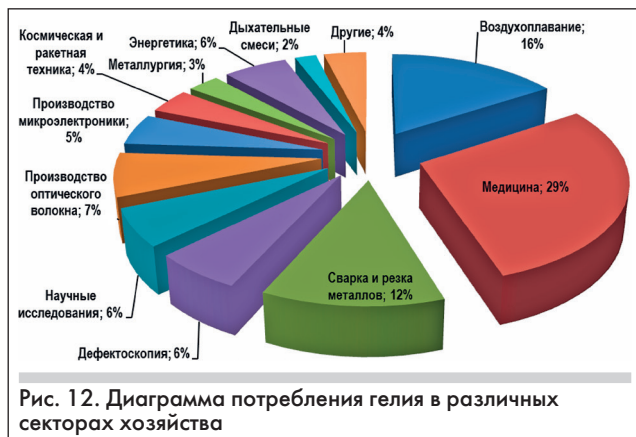


Рис. 12. Диаграмма потребления гелия в различных секторах хозяйства

духоплавания, роль гелия возрастёт, индустриальное и технологическое развитие передовых стран будет пропорционально потреблению гелия научно-промышленным комплексом этих стран (рис. 12).

При отсутствии ввода новых мощностей по производству гелия уже с 2019 г. ожидается дефицит гелия на внутреннем рынке. К 2030 г. дефицит гелия в мире может достичь 117,9 млн м³. Учитывая, что гелий используется в высокотехнологичных отраслях, это может привести к неблагоприятным последствиям.

Потребление гелия тесно связано с транспортированием этого продукта. До 1970 г. основное количество гелия транспортировалось в газообразном виде в баллонах, оборудованных мембранными вентилями, обеспечивающими высокую герметичность, специализированных контейнерах и железнодорожных агрегатах. В 1972 г. в США был создан сосуд Дьюара вместимостью 40000 л жидкого гелия. Сейчас это — основное транспортное средство при крупных поставках жидкого гелия на дальние расстояния.

Для перевода газообразного гелия в жидкое состояние газ охлаждают жидким азотом, затем направляют в турбодетандер и парожидкостный турбодетандер (или дросселируют) (рис. 13). В результате часть гелия переходит в жидкую фазу, которую затем доочищают (от примесей воздуха и неона) в адсорберах.



Рис. 13. Ожижительный гелиевый центр в г. Оренбурге (крупнейший в Европе)

Жидкий гелий с ОГЗ экспортируют автокриогенными контейнерами (сосуды Дьюара вместимостью 40 м³), способными сохранять в жидком состоянии гелий до 45 сут. При разгазировании жидкого гелия из таких контейнеров получают газообразный гелий чистотой 99,0% об. — 30% от всего количества, чистотой 99,996% об. — 65% и 99,9999% об. — 5%.

Для хранения жидкого гелия используют криогенные хранилища, одно из них в Оренбурге — 120 м³.

Основные направления модернизации Оренбургского гелиевого завода

В составе трёх очередей завода эксплуатируется от трёх до пяти установок по глубокой переработке газа. В 2000-2001 гг. была внедрена технологическая схема, позволяющая повысить степень извлечения этана из природного газа.

Мощность по переработке газа ОГПЗ 15,0 млрд м³/год, по выработке гелия 6500 тыс.м³/год, по выработке этановой фракции 340 тыс.т/год, по выработке ШФЛУ 1,0 млн т/год.

В составе Оренбургского газоперерабатывающего комплекса на гелиевом заводе впервые в мире решена научно-техническая проблема разделения природного газа с получением гелия высокой чистоты и минимальным техногенным воздействием на окружающую среду.

В отделении тонкой очистки гелия были опробованы различные методы его очистки от азота, водорода, неона. Разработаны и внедрены в промышленности на установках большой мощности новые технологии очистки гелиевого концентрата от водорода, азота, неона, которые позволили производить гелий высокой чистоты (99,99-99,995% об.), отвечающий экологическим требованиям [15].

Внедрена автоматизированная система управления криогенной технологией, способствующая повышению степени извлечения гелия из газа.

Для увеличения мощности установки гелиевого завода по переработке ШФЛУ и выпуска более качественной продукции внедрён ряд технических решений, обеспечивающих увеличение производительности до 135 т/ч (вместо 90 т/ч по проекту). Основные технические решения: замена ситчатых тарелок в колоннах 540К-01, 560К-01 перекрёстно-точной насадкой «Петон», перераспределение технологических потоков, замена теплообменного оборудования. Это позволило повысить чёткость ректификации и обеспечило стабильную выработку товарных продуктов более высокого качества.

Также на гелиевом заводе были применены:

- пластинчатые теплообменники фирмы «Альфа-Лаваль-Поток», имеющие более разветвлённую поверхность теплообмена, вместо кожухотрубчатых теплообменников;
- герметичные насосы фирмы Hermetic Pumpen типа CNPF, GNPK без подачи оборотной воды для охлаждения; кроме того, эти насосы не нуждаются в смазке;
- современные высокоэффективные аппараты воздушного охлаждения, что позволило сэкономить электроэнергию — 1700 тыс.кВт·ч/год, уменьшить расход оборотной воды на 2100 м³/ч;
- оптимальное соотношение цеолитов NaX ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» с цеолитами Адсорбент марки Selexsorb COS производства компании BASF Catalysts LLS для обеспечения производства СУГ в соответствии с требованиями европейских стандартов (EN-589);
- пневмогидравлические шаровые краны с дистанционным управлением, которые входят в сис-

тему противопожарной защиты (СПАЗ); в случае аварии СПАЗ обеспечивает остановку установки без участия обслуживающего персонала.

В двух отделениях дожимного компрессорного цеха гелиевого завода были внедрены следующие технические решения:

- модернизирован узел замера этана;
- модернизирован узел подогрева этана с использованием микропроцессорной техники для регулирования процесса, что обеспечило стабильный режим работы отделения;
- выполнена модернизация этановых компрессоров — перевод их на работу без смазки, в результате чего прекратился унос масла в этановую фракцию, т.е. улучшилось качество товарной продукции;
- произведена замена аппаратов воздушного охлаждения (АВО) на более производительные с целью снижения температуры товарного газа. Потребление электроэнергии вновь установленных АВО на 24% ниже, чем у ранее установленных.

Увеличена выработка жидкого пропана на ПХУ-2 гелиевого завода. Пропановая холодильная установка предназначена для выработки необходимого количества пропанового холода, потребляемого на гелиевых блоках, который восстанавливается компримированием, конденсацией и переохлаждением пропана.

Установка водяных доохладителей жидкого пропана после АВО позволила снизить его температуру с 47 до 32°С, увеличить выработку жидкого пропана на 17% и обеспечить работу гелиевых блоков на полную мощность в жаркое время.

Модернизация объектов электроснабжения гелиевого завода позволила:

- повысить надёжность снабжения электроэнергией технологических установок II и III очередей завода за счёт выноса кабельных линий из земли и установки быстродействующих распределительных устройств с применением цифровых реле;
- уменьшить затраты на техническое обслуживание электротехнического оборудования, введённого в эксплуатацию;
- проводить анализы работы оборудования при аварийных и нормальных режимах работы (все режимы осциллографируются и хранятся в памяти блоков защит) [1].

Вместе с тем эксплуатация комплекса требует регулярной замены и модернизации устаревшего оборудования для повышения безопасности производства.

Дальнейшее развитие Оренбургского газоперерабатывающего комплекса ОАО «Газпром» связывают с решением следующих основных задач: воспроизводство и рациональное использование сырьевой базы, реконструкции существующих объектов и углубление газохимической переработки.

Основная доля в структуре товарной продукции гелиевого завода принадлежит этану и ШФЛУ — 25 и 50% соответственно.

Таблица 2

Потенциал главных гелийсодержащих месторождений Восточной Сибири и Якутии

Месторождение	Основные компоненты, % об.				
	Метан	Азот	Гелий**	Этан**	C ₃ -C ₆ **
Ковыктинское*	92,22	1,58	0,26	4,6	1,36
Чаяндинское	85,5	5,5	0,30	5,2	3,2
Юрубчено-Тохомское	80,0	9,5	0,19	5,4	4,6
Среднеботуобинское	88,6	2,9	0,45	4,9	3,1
Собинское	62,0	28,0	0,58	5,2	4,2

*Запасы месторождения оцениваются в 2,1 трлн нм³.

**Комплексная переработка газа с извлечением гелия, этана (базовое сырьё получения этилена и полимеров на его основе), ШФЛУ (C₃-C₆) увеличит стоимость продукции на 25-30%.

До 2005 г. единственным потребителем оренбургского этана являлось ОАО «Казаньоргсинтез». Отсутствие альтернативных направлений сбыта этана оказалось сдерживающим фактором в наращивании производственных мощностей по его выработке. Анализ рынка показал, что потенциальным потребителем этана может быть ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». Основным благоприятным фактором являлось наличие незагруженного конденсатопровода «Оренбург–Салават». Совместная с ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» работа по данному проекту показала его перспективность. Была произведена реконструкция конденсатопровода, и с 2005 г. организована опытная подача этана в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» в количестве 2-3 т/ч. Сейчас подача этана в этом направлении увеличена до 13-14 т/ч, причём до 2009 г. в Салават поставляли неочищенную этановую фракцию, а начиная с октября 2009 г., начали подавать уже этановую фракцию после очистки.

Следуя принципам экономической целесообразности и необходимости полного удовлетворения российских потребителей, планируется реконструкция гелиевого завода с целью увеличения коэффициента извлечения этана с 40 до 90% и рационального использования природного углеводородного сырья путём разделения вырабатываемой ШФЛУ на фракции высокой чистоты, с содержанием основного компонента более 95% и извлечения индивидуальных углеводородов.

Увеличение выработки этана до 1 млн т в год и ШФЛУ — более 1 млн т в год возможно при реконструкции объектов газоперерабатывающего и гелиевого заводов с преимущественно отдельной переработкой газа Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (КНГКМ) от газа ОНГКМ, а также реконструкцией гелиевых блоков.

В связи с необходимостью расширения рынка сбыта и перспективностью экспортных поставок сжиженных углеводородных газов (СУГ) требуется снижение содержания общей серы с 50 до 10 ppm, в связи с этим на заводе планируется выполнить модернизацию установок фракционирования ШФЛУ, которая предусматривает строительство блока очистки пропана от сернистых соединений.

В числе первоочередных задач ОГЗ — создание оперативных хранилищ ШФЛУ и этановой фракции на базе перепрофилируемых подземных хранилищ гелиевого концентрата. Это позволит ликвидировать потери продуктов, улучшить систему отгрузки потребителю и при небольших капитальных затратах получить существенную прибыль.

Для предотвращения дефицита гелия и достижения прогнозных объёмов выработки этана и повышения качества СУГ разработаны программы реконструкции заводов ООО «Газпром добыча Оренбург».

На ближайшую перспективу ОГЗ остаётся единственным производителем гелия и основным производителем этана в России. Заводом накоплен опыт применения новых технологий добычи, хранения, транспортирования и переработки газа, включающего гелий. Обобщение и использование данного опыта представляется полезным при разработке многокомпонентных газовых месторождений Восточной Сибири и Якутии с большим содержанием гелия, прежде всего Чаяндинского месторождения в республике Саха-Якутия (с содержанием гелия в газе 0,534% об.) и Ковыктинского месторождения в Иркутской области (с содержанием гелия в газе 0,26% об.) (табл. 2).

В более далёкой перспективе Оренбургский гелиевый завод представляет стратегический интерес как база для транзита гелия из Восточной Сибири на европейский рынок [8].

Контактная информация

Почтовый адрес: Россия, г. Оренбург, 460058, ул. Чкалова, 1/2, 460058

Телефон: (3532) 33-20-02

Факс: (3532) 31-25-89

E-mail: orenburg@gdo.gazprom.ru

Сайт: <http://www.ogp.gazprom.ru/contacts/>

ЛИТЕРАТУРА

1. Молчанов С.А., Самакаева Т.О. Комплексная подготовка и переработка многокомпонентных природных газов на газохимических комплексах. — М.: ООО «Издательский дом Недра», 2013. — 517 с.

2. Мельникова С.А., Хазова Т.Н., Черепова Е.Б., Голышева Е.А. Нефте-, газохимия, нефте- и газопереработка

Российской Федерации Итоги 2010. — М.: ЗАО «Альянс-Аналитика, 2011. — С. 197-203.

3. Вестник газзавода. № 11, ноябрь 2013, mrogazprom.ru

4. *Пантелеев Д.В.* Исторические и технические аспекты производства серы на Оренбургском газоперерабатывающем заводе: Автор. дисс. на соискание уч. ст. кандидата технических наук. — Оренбург, 2003. — 110 с.

5. *Брещенко Е.М., Буксина О.В., Топлов С.М., Тумасьев Н.Н.* Укрощение строптивого. История отечественной газопереработки в воспоминаниях, очерках, документах / Под ред. Г.Н. Ясенева. — Ханты-Мансийск: Принт-Класс, 2011. — 178-183 с.

6. Оренбургский газоперерабатывающий завод — годы созидания. — ООО «Оренбурггазпром», 2008. — 31 с.

7. *Столыпин В.И.* Оренбургский газохимический комплекс и перспективы его развития. Газохимия на современном этапе развития // Труды московского семинара по газохимии 2008-2009 гг. Вып. 5 / Под ред. А.И. Владимировой, А.Л. Лapidуса. — С. 70-84.

8. *Лapidус А.Л., Голубева И.А., Жагфаров Ф.Г.* Газохимия: Учебник. — М.: Издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2013. — С. 86-88, 91-94.

9. *Бутырина Е.* «ГазРосГаз» в 2014-2015 годах введет в эксплуатацию производственную базу по грануляции серы на Оренбургском ГПЗ // Панорама, 20.04.2012.

10. *Иванов С.И., Сергеев С.Ю., Быстрых В.В.* Природоохранная деятельность ООО «Оренбурггазпром» и сохранение здоровья населения // Вестник ОГУ. — 2005. — № 12. — С. 10-14.

11. ОАО «Газпром». Охрана окружающей среды. Годовой отчет. — 2004. — 29 с.

12. Газоперерабатывающий завод. Электронный источник: <http://orenburg-dobycha.gazprom.ru/about/organization/grp/>.

13. Оренбурггазпром — 35 лет работы. ООО «Оренбурггазпром», 2003. — 16 с.

14. *Пантелеев Д.В., Столыпин Д.В., Волченко А.Г.* Развитие промышленного производства гелия в ООО «Газпром добыча Оренбург» // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». — 2011. — № 2.

15. *Молчанов С.А.* Особенности выделения гелия из природного газа. — М.: ООО «Издательский дом Недр», 2011. — 285 с.

16. *Голубева И.А., Нигаард Р.Р., Казаченко Н.И.* Уникальный гелий: история в лицах // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2014. — № 12. — С. 18-32.

Присадки и смазочные материалы

УДК 665.7.038

ПОЛУЧЕНИЕ НОНИЛФЕНОЛОВ НЕПРЕРЫВНЫМ СПОСОБОМ В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРА АШНЦ-3

Д.Г. ГАСАНОВ, М.М. МОВСУМЗАДЕ, Г.С. ФАТТАЕВА, Н.Д. ГУСЕЙНОВА

Институт химии присадок им. акад. А.М. Кулиева НАН Азербайджана

С целью обеспечения комплекса эксплуатационных свойств смазочных материалов, а также предотвращения интенсивного окисления в масла добавляют присадки различного назначения. По своему действию присадки подразделяют на следующие основные типы: антиокислительные, антикоррозионные, моюще-диспергирующие, противоизносные, депрессорные, вязкостные и др. [1-3].

Антиокислительные присадки — одни из самых необходимых, действуют в двух направлениях: либо разрушают свободные радикалы и разрывают окислительную цепь, либо взаимодействуют с пероксидами.

Типичными антиокислительными присадками первого направления являются алкилфенолы, ароматические амины. Эффективность фенольных присадок зависит от строения, состава введенных в молекулу гетероатомов и функциональных групп.

Широко применяемыми и выпускаемыми промышленностью присадками являются присадки, для которых исходное соединение — алкилфенол (ИНХП-21, ИХП-101, ВНИИП-714, ИХП-130 и др.)

Получают алкилфенолы алкилированием фенола полимердистиллатом или тримерами пропилена в присутствии бензол- или толуолсульфоокислот периодическим способом [4-7].

Статья посвящена получению алкилфенола непрерывным способом в присутствии катализатора АШНЦ-3 (Цеолит-У + Fe₂O₃ — не более 0,20%, Na₂O — не более 0,56%).

Для алкилирования использовали фенол (ГОСТ 23519-79) и нонен-1, физико-химические характеристики которых приведены ниже.

Фенол

Температура плавления, °С	181
Температура кристаллизация, °С	407
Растворимость (в 100 мл воды при 20°С)	Растворяется
Содержание воды, % мас.	0,03
Органические примеси (суммарные), % мас., не более	0,01

Нонен-1

Температура кипения, °С	144-146
-----------------------------------	---------