

УДК 661.939.1

РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ГЕЛИЯ В ООО «ГАЗПРОМ ДОБЫЧА ОРЕНБУРГ»

Пантелеев Д.В., Столыпин Д.В., Волченко А.Г.

Гелиевый завод ООО «Газпром добыча Оренбург», г. Оренбург

e-mail: To-gdo@ogp.gazprom.ru

Сыркин А.М.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

e-mail: syrkinam@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается история промышленного производства гелия в ООО «Газпром добыча Оренбург». Завод состоит из трех очередей, введенных в эксплуатацию в период с 1979 по 1989 годы. Большинство технических решений на гелиевом заводе оказалось высокоэффективными и успешно работают сегодня. Для предотвращения дефицита гелия и достижения прогнозных объемов выработки этана разработаны программы реконструкции и технического перевооружения. В перспективе Оренбургский гелиевый завод представляет стратегический интерес как база для транзита гелия из Восточной Сибири на европейский рынок.

Ключевые слова: гелий, тонкая очистка, транспорт гелия, этан и легкие углеводороды, перспективы развития Оренбургского гелиевого завода

В настоящее время крупномасштабное производство гелия в мире сосредоточено на 17 заводах, из которых 13 находятся на территории США (70 % производства), 1 в Алжире (г. Арзев, 13,5 % производства), 1 в Катаре (Рас Лаффан, 13,5 % производства) и 1 в Оренбурге (3 % производства). Еще один завод находится в Польше (г. Одолянов), но сейчас он закрыт [1].

В России с 1978 года функционирует единственный производитель и поставщик гелия – гелиевый завод ООО «Газпром добыча Оренбург».

Оренбургский гелиевый завод (ОГЗ) – это одна из составных частей крупного газохимического комплекса, созданного на базе уникального нефтегазоконденсатного 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 нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) составляет до 0,055 % объемных. Однако с учетом газового потенциала месторождения представилась возможность получать миллионы кубических метров гелия.

В мировой практике опыт извлечения гелия из «бедных» гелиеносных газов (0,05 % объемных) на то время отсутствовал. Однако правительством СССР

было принято решение о разработке новой технологии и создании в Оренбурге соответствующего производства с целью обеспечения потребностей СССР, в первую очередь военно-промышленного комплекса и космонавтики, гелием [2, 3].

Низкое содержание гелия в исходном газе требовало новых научных подходов, технологических и конструкторских решений. Для создания завода были привлечены десятки научно-исследовательских, проектных и конструкторских организаций, предприятий металлургии, машино- и приборостроения. Здесь впервые были использованы уникальные отечественные технологии и оборудование, не имеющие аналогов в мировой практике [4].

Строительство гелиевого завода дало мощный толчок к развитию машиностроительной промышленности. Для комплектации 1-й очереди строительства завода были поставлены головные образцы оборудования. Для транспорта сжатого до 400 атм газообразного гелия в 1979 г. был создан железнодорожный баллонный агрегат.

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

Оренбургский гелиевый завод состоит из трех очередей, на которых в настоящее время действуют пять гелиевых блоков, введенных в эксплуатацию в период с 1979 по 1989 годы.

Переработка добываемого природного газа с выработкой товарной продукции ведется с 1978 года. За все время работы максимальный объем производства гелия на ОГЗ составил 9,2 млн. м³ в год. В настоящее время выработка гелия сократилась в связи со снижением объемов добычи газа ОНГКМ [3, 5].

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 сталей, материалов и оборудования.

На гелиевом заводе применяется классическая технология выделения газообразного гелия, состоящая из 2-х 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.

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

Товарный гелий вырабатывается двух марок: марка «А» – с содержанием гелия не менее 99,995 %, марка «Б» – не менее 99,990 % и применяется в криогенной технике, для создания инертной и регулируемой воздушной среды, при плав-

ке, 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 [5].

Так, в отделении тонкой очистки гелия 1-й 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 окиси меди. Процесс периодический, каждые 16 часов реакторы переключались для проведения регенерации. При этом возрастали энерго- и материалозатраты. Расход окиси меди составлял 5,6 тонн в год на одном отделении [6, 7]. В дальнейшем был предложен более совершенный и экономичный процесс каталитической очистки гелиевого концентрата на алюмоплатиновом катализаторе, марки АП-64: процесс при этом шел непрерывно, объем оборудования меньше в десятки раз, расход катализатора для одного отделения 19 кг со сроком службы 3 года.

Очистка гелия от остальных микропримесей осуществляется методом адсорбции на активированном угле при криогенных температурах либо при его ожижении [6].

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 его источников является расширение газа в турбодетандерных агрегатах ТКО-75/42, специально созданных для этого на Казанском компрессорном заводе.

В начале 80-х годов их впервые применили на ОГЗ, где в процессе эксплуатации были выявлены серьезные недостатки: унос масла, непрочная конструкция компрессорных колес ротора, малый межремонтный пробег. При непосредственном участии инженерно-технических работников гелиевого завода в короткий срок эти недостатки были ликвидированы: модернизированы ВНА (входные направляющие аппараты), клепаные колеса заменены на паяные. С тех пор прошло много лет, турбодетандеры работают на всех пяти гелиевых блоках и хорошо себя зарекомендовали.

В процессе эксплуатации также столкнулись с нехваткой холодопроизводительности пропановой холодильной установки на 2-й очереди завода. Она снабжает холодом три гелиевых блока на изотермах минус 36 °С (аппараты Е-7 и теплообменники Т-3) и минус 5 °С (теплообменники Т-23). В жаркое время года

(с мая по сентябрь) дефицит холода вынуждал снижать производительность гелиевых блоков. В 2006 г. была внедрена схема доохлаждения пропана в водяных холодильниках типа «Компаблок» фирмы «Alfa-Laval». Применение водяного холодильника обеспечивает снижение температуры пропана перед промежуточным промсосудом с 47 °С до 30 °С при температуре охлаждающей воды 26 °С и выработка жидкого пропана при этом возрастает на ≈19,5 %. Это позволяет гелиевым блокам работать круглый год на регламентной производительности в 375 тыс.н-м³/час. Очищенный газообразный гелий после гелиевых блоков поступает в цех наполнения баллонов (ЦНБ) или на установку ожижения гелия (ОФ ООО "Криор") и далее происходит его отгрузка потребителям. [5].

Один из основных показателей развития высокотехнологичных и наукоемких отраслей экономики любой страны – это уровень годового потребления гелия. Гелий используется в большинстве наукоемких технологий, в том числе энергетических, ядерных, термоядерных, космических и является сырьем для развития ряда ключевых отраслей современного хозяйства: авиаракетной, электронной, атомной промышленности, медицине, фундаментальных и прикладных науках. В перспективе, в связи с развитием новых направлений научно-технического прогресса, включая управляемый термоядерный синтез и развитие воздухоплавания, роль гелия возрастет, индустриальное и технологическое развитие передовых стран будет пропорционально потреблению гелия научно-промышленным комплексом этих стран [8, 9].

При отсутствии ввода новых мощностей по производству гелия уже с 2019 года ожидается дефицит гелия на внутреннем рынке. К 2030 году дефицит гелия в мире может достичь 117,9 млн. нм³. Учитывая, что гелий используется в высокотехнологичных отраслях, это может привести к неблагоприятным последствиям [1, 2].

Потребление гелия особенно 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 литров жидкого гелия. Сейчас это основное транспортное средство при крупных поставках жидкого гелия на дальние расстояния. Для мелких поставок гелия используются сосуды Дьюара вместимостью 500, 450, 250, 100, 60 и 30 литров жидкого гелия [8, 10].

С 2008 года ООО «Газпром добыча Оренбург» ведет планомерную работу по разработке отечественного образца гелиевой транспортной цистерны ЦТГ-40/0,45 объемом 40 м³ с высокими эксплуатационно-экономическими показателями. Целью разработки является создание цистерны контейнерного типа для перевозки без потерь (с закрытым газосбросом) жидкого гелия автомобильным и мор-

ским транспортом в течение не менее 30 суток при давлении не более 0,45 МПа. Для сравнения: длительность хранения гелия в цистерне американского производства не превышает двух недель.

Развитие Оренбургского газохимического комплекса ОАО «Газпром» связывает 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.

До 2005 года 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 года была организована опытная подача этана на ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» в количестве 2÷3 тонн/час. Сейчас подача этана в этом направлении увеличена до 13÷14 тонн/час. При том, что до 2009 года на Салават поставляли неочищенную этановую фракцию, а начиная с октября 2009 года начали подавать уже этановую фракцию после очистки на отделении 530 установки № 25. Это количество лимитируется пропускной способностью некоторых участков и максимально разрешенным давлением данного конденсатопровода. В перспективе ожидается рост спроса на этан как со стороны ОАО «Казаньоргсинтез» – после реконструкции своих этан-перерабатывающих установок Э-100, Э-200 и Э-500, так и со стороны ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»

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, путем разделения вырабатываемой ШФЛУ на фракции высокой чистоты, с содержанием основного компонента более 95 % и извлечения индивидуальных углеводородов.

Увеличение выработки этана до 1 млн. тонн в год и ШФЛУ – более 1 млн. тонн в год возможно при реконструкции объектов газоперерабатывающего и гелиевого заводов, с преимущественно отдельной переработкой газа Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения от газа ОНГКМ, а также реконструкцией гелиевых блоков [5].

В связи с необходимостью расширения рынка сбыта и перспективностью экспортных поставок сжиженных углеводородных газов (СУГ) производства

ООО «Газпром добыча Оренбург», а также позиционированием продукции в соответствии с европейскими нормами, ОАО «Газпром» поставило перед ООО «Газпром добыча Оренбург» задачу обеспечить качество вырабатываемых на предприятии сжиженных углеводородных газов до норм, установленных в европейском стандарте EN 589 «Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Сжиженный нефтяной газ. Требования и методы испытаний».

Благодаря внедрению новых технических решений на гелиевом заводе обеспечена очистка СУГ от сернистых соединений до требований стандарта EN 589:2004 [11].

С целью выработки продукции, соответствующей европейским стандартам, с учетом перспективы ужесточения требований к качеству сжиженных углеводородных газов (СУГ) – снижение содержания общей серы с 50 до 10 ppm - на ГЗ планируется выполнить модернизацию установок фракционирования ШФЛУ, которая предусматривает строительство блока очистки пропана от сернистых соединений.

В условиях рыночной экономики эффективность развития предприятия во многом зависит от маркетинговой ситуации. Потери, связанные с разгазированием ШФЛУ и подачей этановой фракции в обратные потоки метановых фракций среднего давления по причине нестабильной реализации их потребителям, заставляет включить в план первоочередных работ 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 объемов выработки этана и качества СУГ разработаны программы реконструкции и технического перевооружения объектов ООО «Газпром добыча Оренбург». Реализация мероприятий данных программ позволит решить следующие задачи:

- обеспечить выполнение показателей по переработке углеводородного сырья, диверсификацию продукции;
- обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию завода как опасного производственного объекта;
- повысить надежность используемого оборудования и привести его в соответствие с требованиями современных норм и правил;
- улучшить экологическую обстановку;
- внедрить энергосберегающие технологии;
- уменьшить потери товарной продукции;
- обеспечить переработку дополнительного объема газа КНГКМ.

На ближайшую перспективу ООО «Газпром добыча Оренбург» остается единственным производителем гелия и основным производителем этана в России.

Кроме того, в ходе эксплуатации месторождения природного газа с высоким содержанием неуглеводородных компонентов, Обществом накоплен опыт применения новых технологий добычи, хранения, транспортировки и переработки газа сложного состава, включающего гелий. Обобщение и использование данного опыта представляется полезным при разработке многокомпонентных газовых месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока 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.), а также создании высокоэффективных производств по переработке углеводородного сырья [1, 2].

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

Литература

1. Якуцени В.П. Сырьевая база гелия в мире и перспективы развития гелиевой промышленности // Нефтегазовая геология. Теория и практика: электрон. науч. журнал, 2009. – №2. – С. 1-24.
2. Конторович А.Э., Коржубаев А.Г., Эдер Л.В., Сырьевая база и перспективы развития гелиевой промышленности России и мира // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – №2. – С. 17-24.
3. Молчанов С.А. Оренбургский гелиевый завод: вчера, сегодня, завтра // Газовая промышленность. –2008. – №7. – С. 48-50
4. Андреев И.Л. Гелиевая промышленность в России и мировой опыт создания и эксплуатации гелиевого оборудования // Химическое и нефтяное машиностроение. –1995. –№2. –С. 16-22.
5. Молчанов С.А. Совершенствование отечественной технологии и технических средств в процессе выделения гелия из природного газа на Оренбургском гелиевом заводе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – №2. – С. 51-57.
6. Николаев В.В. Комплексная технология глубокой очистки и разделения природного сернистого газа Оренбургского месторождения. – М.: ИРЦ «Газпром», 1997. –53с. (Обзор. Информ. Сер.:Подготовка и переработка газа и газового конденсата).
7. Столыпин Е.В. Анализ методов очистки гелия от водорода //Материалы межд. научно-практ. конф. «Нефтепереработка-2010», Уфа: ГУП ИНХП, 2010. – С. 93-95
8. Архаров А.М. Гелий: история открытия, технологии ожижения, области применения // Химическое и нефтяное машиностроение. –1995. –№2. –С .2-9.

9. Конторович А., Пак В., Удут В. Обманчивая легкость // Нефть России. – 2005. – №10. – С. 49-53

10. Николаев В.В., Молчанов С.А., Каширская Е.О. Гелий: получение, сжижение, хранение, транспортирование, рынок сбыта М.: ИРЦ «Газпром», 1997. – 51 с. (Обзор. информ. Сер.: Природный газ в качестве моторного топлива).

11. Столыпин В.И., Пантелеев Д.В., Молчанов С.А, Зубанова Е.А., Волченко А.Г. Совершенствование технологии получения сжиженных углеводородных газов в ООО «Газпром добыча Оренбург» с целью доведения их качества до требований международных стандартов // Мир нефтепродуктов. –2009. –№9-10. – С. 46-51.

DEVELOPMENT OF HELIUM INDUSTRIAL PRODUCTION IN GAZPROM DOBYCHA ORENBURG, LLC

D.V. Panteleev, E.V. Stolypin, A.G. Volchenko

Gazprom dobycha Orenburg, LLC

e-mail: To-gdo@ogp.gazprom.ru

A.M. Syrkin

Ufa State Petroleum Technological University

e-mail: syrkinam@mail.ru

Abstract. *The article is devoted to history of development of helium industrial production in Gazprom dobycha Orenburg, LLC. The helium plant consists of three trains which were put into operation between 1979 and 1989. Most of technical solutions of the helium plant proved to be very efficient and are still in use nowadays. Several programmes were developed to modernize and reequip production facilities. Their aim is to prevent helium deficit and to ensure projected quantity of ethane production. In the future the Orenburg helium plant could become a strategic point for transportation of helium from Eastern Siberia to Europe.*

Keywords: *helium, the fine purification, transportation of helium, ethane and light hydrocarbons, future the Orenburg helium plant*

References

1. Yakutseni V.P. Syr'evaya baza geliya v mire i perspektivy razvitiya gelievoi promyshlennosti (The resource base of the helium in the world and prospects for the helium industry). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika: Electronic scientific journal*, 2009, Issue 2, pp. 1-24.
2. Kontorovich A.E., Korzhubayev A.G., Eder L.V. Syr'evaya baza i perspektivy razvitiya gelievoi promyshlennosti Rossii i mira (The resource base and potentialities of the helium industry in Russia and the world) *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*, 2006, Issue 2, pp. 17-24.
3. Molchanov S.A. Orenburgskij gelievyy zavod: vchera, segodnja, zavtra (Orenburg helium plant: yesterday, today and tomorrow), *Gazovaja promyshlennost'*, 2008, Issue 7, pp. 48-50
4. Andreev I.L. Helium industry in Russia and world experience with the development and operation of helium equipment, *Chemical and Petroleum Engineering* Vol. 31, Num. 2, pp. 73-85, DOI: 10.1007/BF01147379 (Translated from *Khimicheskoe i Neftyanoje Mashinostroenie*, 1995, Issue 2, pp. 16-22).
5. Molchanov S.A. Sovershenstvovanie otechestvennoi tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv v protsesse vydeleniya geliya iz prirodnogo gaza na Orenburgskom gelievom zavode (Improvement of domestic technology and technical means in the process of helium release from natural gas at the Gazprom dobycha Oren-

burg Ltd. helium plant), *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2010, Issue 2, pp. 51-57.

6. Nikolaev V.V. Kompleksnaya tekhnologiya glubokoi ochistki i razdeleniya prirodnogo sernistogo gaza Orenburgskogo mestorozhdeniya (Complex technology of deep cleaning and separation of natural sulfur gas at Orenburg oilfield) in *Preparation and processing of gas and gas condensate Series*. Moscow: IRC "Gazprom", 1997. 53 p.

7. Stolyпин E.V. Analiz metodov ochistki geliya ot vodoroda (Analysis of the purification methods of helium from hydrogen) in *Proceedings of intl. sci. conf. "Neftepererabotka-2010" ("Oil refining-2010")*, Ufa: GUP INKhP RB, 2010, pp. 93-95

8. Arkharov A.M. Helium: History of its discovery, technology of its liquefaction, areas of its application, *Chemical and Petroleum Engineering*, Vol. 31, Num. 2, pp. 50-60, DOI: 10.1007/BF01147374 (Translated from *Khimicheskoe i Neftyanoe Mashinostroenie*, 1995, Issue 2, pp. 2-9).

9. Kontorovich A., Pak V., Udut V. Obmanchivaya legkost' (Misleading ease), *Neft' Rossii*, 2005, Issue 10, pp. 49-53.

10. Nikolaev V.V., Molchanov S.A., Kashirskaya E.O. Geliy: poluchenie, szhizhenie, khranenie, transportirovanie, rynek sbyta (Helium: production, liquefaction, storage, transportation, market) in *Natural gas as motor fuel Series*. Moscow: IRC "Gazprom", 1997. 51 p.()

11. Stolyпин V.I., Pantelev D.V., Molchanov S.A., Zubanova E.A., Volchenko A.G. Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniya szhizhennykh uglevodorodnykh gazov v OOO «Gazprom dobycha Orenburg» s tsel'yu dovedeniya ikh kachestva do trebovaniy mezhdunarodnykh standartov (Technology perfection of liquid hydrocarbon gases in Gazprom dobycha Orenburg to make their quality meet the international standards requirements), *Mir nefteproduktov*, 2009, Issue 9-10, pp. 46-51.