

**ИнфоМайн** 

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,  
металлургии и химической промышленности

---

# Обзор рынка гелия в России

*Издание 2-ое,  
дополненное и переработанное*

*Демонстрационная версия*

**Москва  
май, 2012**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	7
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	8
1. Свойства гелия .....	8
2. Получение гелия .....	14
<b>I. Минерально-сырьевая база гелия в РФ</b> .....	17
<b>II. Производство гелия в РФ</b> .....	25
II.1. Качество выпускаемой продукции .....	25
II.2. Динамика производства гелия в РФ (1997-2011 гг.) .....	27
II.3. ООО "Газпром добыча Оренбург" (Оренбург, РФ) .....	29
<b>III. Экспорт-импорт гелия РФ</b> .....	40
III.1. Динамика экспортно-импортных поставок РФ в 2005-2011 гг. ....	40
III.2. Характеристика экспортных поставок гелия (по странам и поставщикам) ..	41
III.3. Характеристика импортных поставок гелия (по странам и импортерам) ...	47
<b>IV. Обзор цен на гелий</b> .....	53
IV.1. Внутренние цены на гелий в России .....	53
IV.2. Экспортно-импортные цены на гелий в России .....	58
<b>V. Потребление гелия в России в 2005-2011 гг.</b> .....	61
V.1. Баланс потребления гелия в России в 2005-2011 гг. ....	61
V.2. Структура и области потребления гелия .....	64
V.2.1. <i>Сжатый газообразный гелий</i> .....	64
<i>Судостроение, машиностроение, металлургия авиакосмическая</i>	
<i>промышленность, приборостроение</i> .....	65
<i>Ядерная энергетика</i> .....	70
<i>Добыча углеводородов и их транспортировка</i> .....	73
<i>Химическая и нефтеперерабатывающая промышленность</i> .....	75
<i>Научные центры и Научно-исследовательские институты</i> .....	76
<i>Прочее</i> .....	77
V.2.2. <i>Жидкий гелий</i> .....	79
<i>ООО "Криор" (Оренбург)</i> .....	83
V.3. Поставки гелия на внутренний рынок в 2005-2011 гг. (по потребителям, ж/д отгрузки) .....	88
<i>ООО "НИИ КМ" (Москва)</i> .....	88
<b>VI. Прогноз развития рынка гелия в РФ в 2011-2020 гг.</b> .....	98

Приложение 1: Адресная книга предприятий-производителей гелия

Приложение 2: Адресная книга предприятий-поставщиков гелия

Приложение 3: Адресная книга предприятий-потребителей гелия

## СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1: Свойства изотопов гелия.....	8
Таблица 2: Основные газогелиевые месторождения Восточной Сибири с запасами гелия категории С1 > 100 млн м <sup>3</sup> и гелиесодержанием > 0,15% (по состоянию на 01.01.2009) .....	18
Таблица 3: Норма для гелия газообразного (сжатого) очищенного (согласно ТУ 0271-135-31323949-2005).....	25
Таблица 4: Норма для гелия газообразного высокой чистоты (согласно ТУ 0271-001-45905715-02) .....	26
Таблица 5: Объемы перевозок гелия сжатого производства ООО "Газпром добыча Оренбург" ж/д транспортом в 2007-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	33
Таблица 6: Внешняя торговля гелием в РФ в 2005-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	40
Таблица 7: Марки и объемы гелия, экспортируемые РФ в 2005-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	42
Таблица 8: Поставщики гелия на внешние рынки в 2005-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	43
Таблица 9: Страны-потребители российского гелия в 2005-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	44
Таблица 10: Потребители российского гелия в 2008-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	45
Таблица 11: Страны-поставщики гелия в РФ в 2005-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	48
Таблица 12: Компании-поставщики гелия в РФ в 2005-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	48
Таблица 13: Российские получатели импортного гелия в 2005-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	51
Таблица 14: Цены на гелий российских поставщиков в 2011-2012 гг. ....	56
Таблица 15: Экспортные цены на гелий различных марок, в 2005-2011 гг., \$/м <sup>3</sup> .....	59
Таблица 16: Цены поставщиков гелия на внешние рынки в 2005-2011 гг., \$/м <sup>3</sup> .....	59
Таблица 17: Цены на гелий для разных стран-потребителей в 2005-2011 гг., \$/м <sup>3</sup> .....	59
Таблица 18: Цены на гелий зарубежных поставщиков в 2005-2011 гг., \$/м <sup>3</sup> .....	60
Таблица 19: Показатели потребления гелия в России в 2005-2011 гг.; тыс. м <sup>3</sup> , % .....	61
Таблица 20: Расчет поставок гелия на внутренний рынок ООО "Газпром добыча Оренбург" в 2005-2011 гг.; тыс. м <sup>3</sup> .....	62
Таблица 21: Объемы поставок гелия предприятиям судостроения, авиакосмической промышленности, металлургическим предприятиям и машиностроительным заводам в 2009-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	68
Таблица 22: Объемы поставок гелия предприятиям корпорации "Росатом" в 2007-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	71
Таблица 23: Объемы поставок гелия нефтегазовым предприятиям в 2009-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	73
Таблица 24: Объемы поставок гелия НЦ и НИИ в 2007-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	76
Таблица 25: Структура импортных поставок магнитно-резонансных томографов в Россию по производителям в 1999-2010 гг., штук.....	81
Таблица 26: Баланс потребления жидкого гелия в РФ в 2005-2011 гг. (в пересчете на газообразный), тыс. м <sup>3</sup> .....	82
Таблица 27: Структура поставок гелия ООО "Криор" в 2005-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> и тыс. л. ....	84

---

Таблица 28: Референц-лист ОАО "НПО "Гелиймаш" по поставкам криогенных гелиевых установок.....	86
Таблица 29: Объемы поставок гелия в адрес ООО "НИИ КМ" ж/д транспортом в 2005-2011 гг.....	89
Таблица 30: Объемы перевозок гелия ж/д транспортом в 2005-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	92

## СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1: Типовой завод по переработке природного газа с извлечением гелия .....	14
Рисунок 2: Структура распределения запасов гелия по категории АВС <sub>1</sub> .....	19
Рисунок 3: Динамика производства гелия в России в 1997-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	28
Рисунок 4: Динамика производства гелия ООО "Газпром добыча Оренбург" в 2005-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	32
Рисунок 5: Объем экспорта газообразного гелия (тыс. м <sup>3</sup> ) и доля экспорта в производстве (%) ООО "Газпром добыча Оренбург" в 2005-2011 гг. ....	37
Рисунок 6: Объем производства гелия в РФ и динамика экспортно-импортных поставок продукта в 2005-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	40
Рисунок 7: Поквартальное изменение объемов экспортных поставок гелия в 2008-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	41
Рисунок 8: Поквартальное изменение объемов импортных поставок гелия в 2005-2011 гг., м <sup>3</sup> .....	47
Рисунок 9: Динамика средних оптовых цен "Газпром добыча Оренбург" на гелий в 2005-2012 гг., руб./м <sup>3</sup> без НДС .....	54
Рисунок 10: Структура реализации гелия в России .....	55
Рисунок 11: Поквартальное изменение цен на экспортируемый жидкий гелий в 2005-2011 гг., \$/л .....	58
Рисунок 12: Динамика производства и внутреннего потребления гелия в России в 2005-2011 гг., тыс. м <sup>3</sup> .....	62
Рисунок 13: Структура поставок газообразного гелия, произведенного ООО "Газпром добыча Оренбург" в 2010-2011 гг., % .....	63
Рисунок 14: Основные направления использования газообразного гелия в России в 2011 г., % .....	64
Рисунок 15: Динамика импорта, количество действующих в РФ томографов (шт.) и оценка потребления жидкого гелия в пересчете на газообразный (тыс. м <sup>3</sup> ) в 1999-2011 гг. ....	80
Рисунок 16: Структура производства гелия различных марок ООО "НИИ КМ" в 2011 г., % .....	90
Рисунок 17: Прогноз потребление гелия в России до 2015 г., млн м <sup>3</sup> .....	100

## АННОТАЦИЯ

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка гелия в России и прогнозу его развития. Отчет состоит из 6 частей, содержит 104 страницы, в том числе 17 рисунков, 30 таблиц и приложения.

В ходе выполнения работы были проанализированы многочисленные источники информации, прежде всего данные государственных органов – Федеральной службы государственной статистики РФ (ФСГС РФ), ОАО "РЖД" (статистика железнодорожных перевозок), Федеральной таможенной службы РФ (ФТС РФ). Также были привлечены данные предприятий, использована база данных "ИнфоМайн", материалы СМИ и Интернета.

Кроме того, некоторые данные подтверждались и уточнялись путем телефонных опросов специалистов рассматриваемых в данном отчете предприятий.

Все это позволило экспертам выявить картину рынка гелия в России и перспективы его развития.

Во введении даны сведения о свойствах гелия и методах его получения.

В первой главе отчета рассказано о минерально-сырьевой базе гелия в России, дано описание перспективных к разработке месторождений и запасов гелия.

Вторая глава отчета посвящена производству гелия в России. В данном разделе отчета приводятся статистические данные по объемам выпуска гелия. Кроме того, приведены качественные показатели получаемой продукции. Дана характеристика единственного производителя гелия в России.

В третьей главе отчета рассматриваются экспортно-импортные операции с гелием в 2005-2011 гг. Дана характеристика экспортных поставок этого продукта с разбивкой по маркам, странам и потребителям. Также дана характеристика импортных поставок по странам и российским потребителям.

В четвертой главе приведены сведения о внутренних ценах на гелий, а также о динамике экспортно-импортных цен.

В пятой главе отчета рассматривается потребление гелия в РФ. В данном разделе приведен баланс производства – потребления этой продукции, отраслевая структура потребления. Рассмотрено отдельно потребление сжатого газообразного гелия и жидкого продукта.

В шестой главе отчета приводится прогноз развития российского рынка гелия на период до 2020 г.

В приложении приведены адреса и контактная информация предприятий, выпускающих и потребляющих гелий.

## ВВЕДЕНИЕ

### 1. Свойства гелия

Гелий – **He** (лат. *Helium*) – инертный одноатомный газ без цвета, вкуса и запаха. Второй порядковый элемент периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, с атомным номером 2. Расположен в главной подгруппе восьмой группы, первом периоде периодической системы. Гелий – один из наиболее распространённых элементов во Вселенной, он занимает второе место после водорода. Также гелий является вторым по лёгкости (после водорода) химическим элементом. Гелий – вещество с самой низкой температурой кипения, он кипит при температуре  $-269^{\circ}\text{C}$  (4,2К). Гелий – единственное вещество, не имеющее температуры плавления при обычном давлении. Даже при абсолютном нуле он остается жидким, если на него не действует давление в 25 или больше атмосфер.

Природный гелий состоит из двух стабильных изотопов:  $^4\text{He}$  (изотопная распространённость – 99,99986%) и гораздо более редкого  $^3\text{He}$  (0,00014%; содержание гелия-3 в разных природных источниках может варьироваться в довольно широких пределах). Известны ещё шесть искусственных радиоактивных изотопов гелия. Физические свойства гелия сильно отличаются у изотопов  $^4\text{He}$  и  $^3\text{He}$  (таблица 1).

**Таблица 1: Свойства изотопов гелия**

Параметр		Показатель	
		$^4\text{He}$	$^3\text{He}$
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	газообразного	0,178 (при 293К)	0,134
	жидкого	145 (при 0К)	82,35
Температура кипения, К		4,215	3,19
Температура плавления, К		2,0 (при 3,76 МПа)	1,0 (при 3,87 МПа)
Критическая температура, К, $t_{\text{крит.}}$		5,25	3,35
Критическое давление, МПа, $p_{\text{крит.}}$		0,23	0,12
Критическая плотность, кг/м <sup>3</sup> , $d_{\text{крит.}}$		69,3	41,3
Теплоемкость в стандартном состоянии, Дж/(моль·К), $C_p^{\circ}$		20,79	
Энтальпия плавления, Дж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}^{\circ}$		8,4	-
Энтальпия испарения, Дж/моль, $\Delta H_{\text{исп}}^{\circ}$		81,2	24,7
Энтропия в стандартном состоянии, Дж/(моль·К), $S_{298}^{\circ}$		126,04	-
Теплопроводность, Вт/(м·К)		0,1437	

*Источник: Химическая энциклопедия*

Гелий менее растворим в воде, чем любой другой известный газ. В 1 л воды при  $20^{\circ}\text{C}$  растворяется около 8,8 мл (9,78 мл при  $0^{\circ}\text{C}$ ; 10,10 мл при  $80^{\circ}\text{C}$ ), в этаноле – 2,8 мл ( $15^{\circ}\text{C}$ ), 3,2 мл ( $25^{\circ}\text{C}$ ).

Скорость его диффузии сквозь твёрдые материалы в три раза выше, чем у воздуха, и приблизительно на 65% выше, чем у водорода.

Атом гелия (он же молекула) – прочнейшая из молекулярных конструкций. Орбиты двух его электронов совершенно одинаковы и проходят предельно близко от ядра. Чтобы оголить ядро гелия, нужно затратить рекордно большую энергию 78,61 электронвольт. Поэтому гелий химически пассивен. Молекулы гелия неполярны. Силы межмолекулярного взаимодействия между ними крайне невелики – меньше, чем в любом другом веществе. Отсюда – самые низкие значения критических величин, самая низкая температура кипения, наименьшие теплоты испарения и плавления. Гелий – наилучший среди газов проводник электричества и второй, после водорода, проводник тепла. Его теплоемкость очень велика, а вязкость мала.

В 1868 г. гелий был открыт в атмосфере Солнца (за что и получил свое название). В спектре солнечной короны была обнаружена ярко-желтая линия D, а что за ней скрывалось, стало достоверно известно лишь после того, как гелий извлекли из земных минералов, содержащих радиоактивные элементы.

Только через 27 лет после своего первоначального открытия гелий был обнаружен на Земле – в 1895 г. шотландский химик Уильям Рамзай, исследуя образец газа, полученного при разложении минерала клевеита, обнаружил в его спектре ту же ярко-жёлтую линию, найденную ранее в солнечном спектре. Образец был направлен для дополнительного исследования известному английскому ученому-спектроскописту Уильяму Круксу, который подтвердил, что наблюдаемая в спектре образца жёлтая линия совпадает с линией D<sub>3</sub> гелия.

23 марта 1895 года Рамзай отправил сообщение об открытии им гелия на Земле в Лондонское королевское общество, а также во Французскую академию.

В основном земной гелий образуется при радиоактивном распаде урана-238, урана-235, тория и нестабильных продуктов их распада. Гелий в земной коре накапливается медленно. В очень немногих богатых ураном и торием минералах содержание гелия довольно велико – несколько см<sup>3</sup> гелия на грамм минерала. Большинство минералов с течением времени подвергается процессам выветривания, перекристаллизации и т. д., и гелий из них уходит.

Высвободившиеся из кристаллических структур гелиевые пузырьки частично растворяются в подземных водах. Другая часть гелия через поры и трещины минералов выходит в атмосферу. Остальные молекулы газа попадают в подземные ловушки, в которых скапливаются в течение десятков, сотен миллионов лет. Ловушками служат пласты рыхлых пород, пустоты которых заполняют газом. Ложем для таких газовых коллекторов обычно служат вода или нефть, а сверху их перекрывают газонепроницаемые толщи плотных пород.

Недра и атмосфера Земли бедны гелием. Но это не значит, что его мало повсюду во Вселенной. По современным подсчетам 76% космической массы приходится на водород и 23% на гелий; на все прочие элементы остается только один процент. Таким образом, мировую материю можно назвать водородно-гелиевой. Эти два элемента главенствуют в звездах, планетарных туманностях и межзвездном газе.

Природные газы являются практически единственным источником сырья для промышленного получения гелия. Гелий в природных газах присутствует как незначительная примесь. Содержание его не превышает тысячных, сотых, редко – десятых долей процента. Большая (1,5-10%) гелиеносность метано-азотных месторождений – явление крайне редкое. В настоящее время эксплуатируются главным образом месторождения, содержащие > 0,1% гелия.

От других газов гелий отделяют методом глубокого охлаждения, используя то, что он сжижается труднее всех остальных газов. Охлаждение производят дросселированием в несколько стадий, очищая его от CO<sub>2</sub> и углеводородов. После того как все прочие компоненты природного газа сконденсируются при глубоком охлаждении, газообразный гелий откачивают. Затем его очищают от примесей. Чистота заводского гелия достигает 99,995%.

Для транспортировки газообразного гелия используются стальные баллоны (ГОСТ 949-73) коричневого цвета, помещаемые в специализированные контейнеры. Для перевозки можно использовать все виды транспорта при соблюдении соответствующих правил перевозки газов.

Кроме того, для перевозки используются спецагрегаты, состоящие из нескольких четырехсотлитровых баллонов, смонтированных на одной раме. Рабочее давление спецагрегата составляет от 200 до 400 атм. Особенностью конструкции является возможность установления второго агрегата в верхние пазы первого. Количество реципиентов, используемых в СНОГ, регулируется под потребности Заказчика. Все реципиенты, используемые в связке, заключены в металлический каркас-контейнер и объединены единым коллектором.

Применение газообразного гелия. Уникальные свойства гелия широко используются в промышленности и народном хозяйстве:

- в металлургии в качестве защитной среды при сварке, резке и плавке чистых металлов;
- в пищевой промышленности зарегистрирован в качестве пищевой добавки E939, в качестве пропеллента и упаковочного газа;
- в производстве полупроводников и жидкокристаллических экранов;
- при производстве ТВЭЛов;
- в качестве теплоносителя в некоторых типах ядерных реакторов;
- транспорт ракетного топлива;
- для наполнения воздухоплавающих судов (дирижабли);
- для наполнения воздушных шариков и оболочек метеорологических зондов;
- в дыхательных смесях для глубоководного погружения;
- для заполнения газоразрядных трубок;
- в качестве носителя в газовой хроматографии;
- для поиска утечек в трубопроводах и котлах;
- как компонент рабочего тела в гелий-неоновых лазерах;
- в производстве оптического волокна;

- нуклид  $^3\text{He}$  активно используется в технике нейтронного рассеяния в качестве поляризатора и наполнителя для позиционно-чувствительных нейтронных детекторов;
- нуклид  $^3\text{He}$  является перспективным топливом для термоядерной энергетики;
- для изменения тембра голосовых связок (эффект повышенной тональности голоса) за счет различия плотности обычной воздушной смеси и гелия.

**Жидкий гелий** получается при охлаждении газообразного гелия-4 (или природной смеси гелиевых изотопов) до 4,2 К. В целом такой гелий (гелий-I) – обычная жидкость со всеми присущими жидкостям свойствами. Плотность жидкого гелия при температуре 4,2 К составляет 145 кг/м<sup>3</sup>. Обладает малым коэффициентом преломления, из-за чего его трудно увидеть. При нормальном давлении гелий не затвердевает даже при сколь угодно низкой температуре. Твёрдый гелий в  $\alpha$ -фазе удаётся получить лишь при давлении выше 25 атм.

Выше температуры 2,17 К  $^4\text{He}$  ведет себя как обычная криожидкость, т.е. кипит, выделяя пузырьки газа. При достижении температуры 2,17 К (при давлении паров 0,005 МПа – так называемая  $\lambda$ -точка) жидкий  $^4\text{He}$  претерпевает фазовый переход второго рода, сопровождающийся резким изменением ряда свойств: теплоемкости, вязкости, плотности и др. В жидком гелии при температуре ниже температуры перехода одновременно сосуществуют 2 фазы, He I и He II с сильно различающимися свойствами.

Фазовый переход в гелии хорошо заметен, он проявляется в том, что кипение прекращается, жидкость становится совершенно прозрачной. Испарение гелия, конечно, продолжается, но оно идет исключительно с поверхности. Различие в поведении объясняется необычайно высокой теплопроводностью сверхтекучей фазы. При этом вязкость нормальной фазы остается практически неизменной, что следует из измерений вязкости методом колеблющегося диска. С увеличением давления температура перехода смещается в область более низких температур.

Для He II характерна сверхтекучесть – способность протекать без трения через узкие (диаметром менее 100 нм) капилляры и щели. Относительное содержание He II растет с понижением температуры и достигает 100% при абсолютном нуле температуры.

За счет сверхтекучести и достигается аномально высокая теплопроводность гелия – теплообмен идет не за счет теплопередачи, а за счет конвекции сверхтекучей компоненты в противоток нормальной, которая переносит тепло (сверхтекучая компонента не может переносить тепло). Это свойство открыто в 1938 году П. Л. Капицей.

За счет одновременного наличия двух фаз в жидком гелии, имеется две скорости звука и специфическое явление – так называемый "второй звук". Второй звук – слабозатухающие колебания температуры и энтропии в сверхтекучем гелии. Скорость распространения второго звука определяется из

уравнений гидродинамики сверхтекучей жидкости в двухкомпонентной модели.

#### Хранение и транспортировка

Жидкий гелий перевозят в специальных транспортных сосудах (Сосуд Дьюара) типа СТГ-10, СТГ-25, СТГ-40 и СТГ-100 светло-серого цвета объемом 10, 25, 40 и 100 литров соответственно. Сосуды с жидким гелием должны транспортироваться и храниться в вертикальном положении.

Транспортировка гелия на большие расстояния возможна в автомобильных цистернах, в специальных 40-кубовых криогенных контейнерах и в цистернах-контейнерах ISO типоразмеров 20, 30, 40 футов для морского и авиационного транспорта.

Вместе с тем, существующие в мире гелиевые контейнеры не предназначены для использования на железных дорогах, т.к. ударные нагрузки могут разрушить подвеску внутренней колбы контейнера. В этой связи существуют серьезные проблемы, связанные с перевозкой гелия от месторождения до потенциальных потребителей в условиях неразвитости транспортной инфраструктуры Восточной Сибири.

Гелий в сосудах Дьюара всегда хранится под небольшим давлением, за счет естественного испарения жидкости — это позволяет в случае небольшой негерметичности не допустить загрязнения гелия снегом из воздуха. Избыточное давление стравливается через клапан. На практике, так как гелий достаточно дорогой, то чтобы газ не выпускать в атмосферу, на головной части дьюара размещается соединительная часть для подсоединения дьюара к гелиевой сети, по которой газообразный гелий собирается для повторного использования. Как правило, на этом же узле крепится манометр для контроля давления и аварийный клапан.

Гелиевые дьюары переворачивать нельзя, для переливания содержимого применяют специальные сифоны.

Гелий имеет очень низкую теплоту испарения (в 20 раз меньше, чем у водорода), но зато высокую теплопроводность. Поэтому к качеству теплоизоляции гелиевых дьюаров предъявляются высокие требования. При повреждении вакуумной изоляции (особенно, если в полость попадает гелий) жидкость так бурно вскипает, что дьюар может лопнуть (взорваться). Как правило, для снижения потерь гелия на испарение, используется "азотная рубашка" – непосредственно в вакуумной полости сосуда Дьюара расположена ещё одна оболочка, которая охлаждается кипящим жидким азотом (температура 77К). За счет этого удается существенно сократить тепловой обмен между гелием и атмосферой.

#### Жидкий гелий используется:

- энергетические установки, ТОКОМАКи, МГД-генераторы, криотурбогенераторы;
- электродвигатели на сверхпроводящих обмотках;
- накопление и консервация электроэнергии;
- сверхпроводящие кабели;

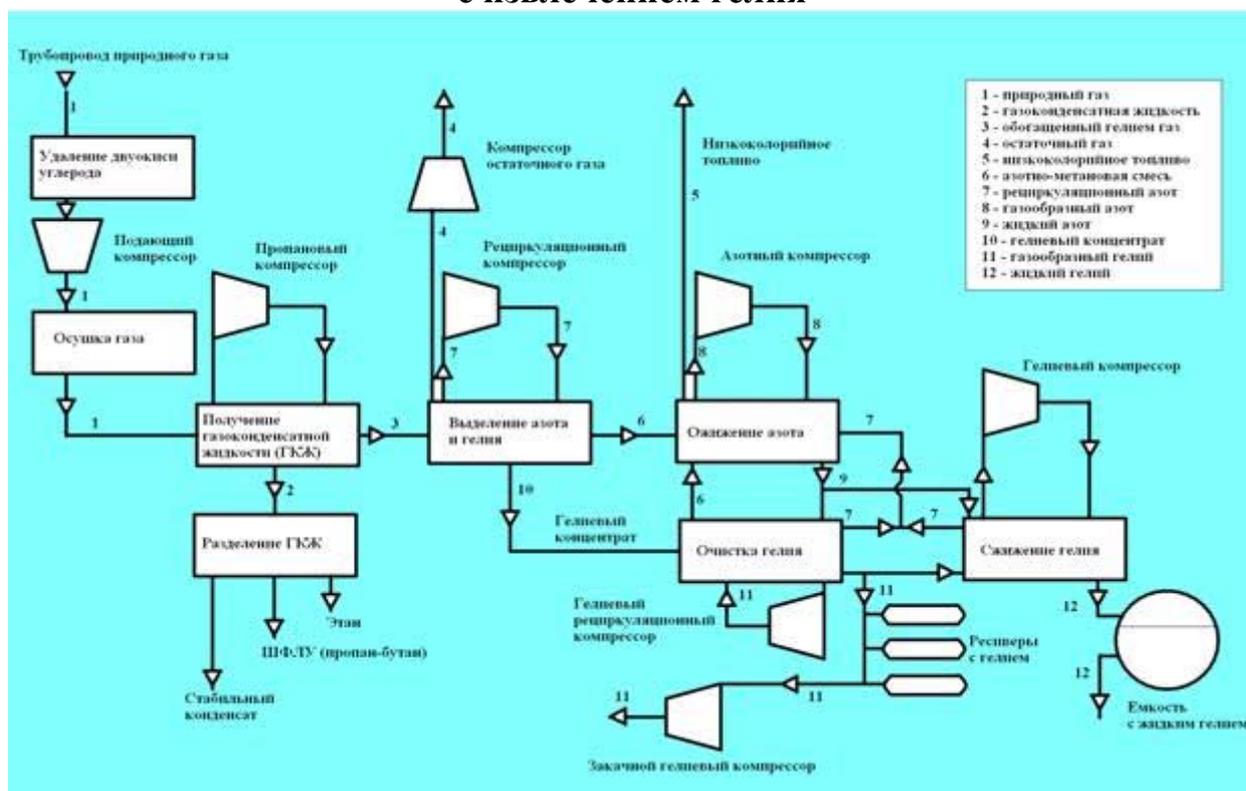
- магнитный подвес скоростного транспорта;
- сверхпроводящие магнитные системы в ускорителях, синхротронах, коллайдерах;
- медицинские магнитно-резонансные томографы (MRI);
- магнитная сепарация материалов;
- быстродействующая вычислительная и измерительная техника.

## 2. Получение гелия

Гелий выделяется из гелийносного природного газа. В России гелий извлекается на Оренбургском гелиевом заводе. Комплексная переработка газа с извлечением гелия, этана, ШФЛУ ( $C_3-C_6$ ) значительно уменьшает себестоимость продукции.

Производство гелия осуществляется в два этапа: получение гелиевого концентрата с содержанием гелия 70% и тонкая очистка гелия от водорода, азота, углекислоты и неона (рисунок 1). При необходимости гелий сжижается.

**Рисунок 1: Типовой завод по переработке природного газа с извлечением гелия**



Источник: НПО "Гелиймаш"

Технологический процесс выделения гелия из природного гелиеносного газа предусматривает использование следующих основных объектов производственного назначения:

- установок получения гелиевого концентрата (ГК);
- установок тонкой очистки ГК от примесей: метана, азота, водорода, неона, аргона и получения товарного гелия;
- пропанового холодильного цикла с двумя изотермами кипения хладагента на температурных уровнях - 5°C и - 36°C;
- азотного холодильного цикла с изотермой кипения азота - 196°C;
- цеха наполнения и хранения гелиевых баллонов;
- подземных емкостей для хранения гелиевого концентрата;
- отделения сжижения газообразного гелия.

Очистка ГК от водорода осуществляется каталитическим методом в присутствии алюмоплатинового катализатора АП-64. Водород частично удаляется на стадии конденсации, доочистка от азота и микропримесей (неона, аргона) – методом адсорбции на угле СКТ-6. Выделенный и очищенный от примесей газообразный гелий поступает на заполнение в баллоны.

Гелиевый концентрат при необходимости подается в подземное хранилище для последующего использования с целью сохранения ресурсов гелия.

Впервые в России на базе Гелиевом заводе была использована технология хранения газообразного гелия в подземных емкостях, образованных путем размыва соляных пластов на глубине 1470 м.

По применяемой на заводе технологии предусмотрено хранение избытка гелия в шести емкостях подземного хранилища вместимостью 50 тыс. м<sup>3</sup> каждая, где продукт находится под давлением 18-19 МПа, т. е. в каждом кубическом метре объема резервуара хранится 185 м<sup>3</sup> газа (в пересчете на нормальные условия).

В связи с предстоящим освоением месторождений гелиеносного природного газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке приобретает актуальность и практическую важность комплекс проблем выделения гелия из природного газа, очистки гелиевого концентрата от примесей, ожижения, хранения и транспортировки жидкого гелия.

ОАО "Газпром", уделяет большое внимание необходимости комплексной переработки природного газа перспективных месторождений с получением ряда товарных продуктов, включая гелий. В сентябре 2010 г. в Оренбурге прошло заседание секции "Комплексная переработка газа и газового конденсата" научно-технического совета по проблеме "Развитие гелиевых производств на базе действующих и перспективных предприятий ОАО "Газпром".

На заседание Совета были приглашены ведущие специалисты, как из структуры ОАО "Газпром", так и научно-исследовательских, проектных институтов и предприятий, специализирующихся в области технологии и оборудования для газопереработки.

И.Ф. Кузьменко, заместитель директора НИиКИКМ, обобщил практический опыт ОАО "Криогенмаш" в области оборудования и технологии для выделения гелия из природного газа. В частности, в области установок выделения гелия из природного газа:

- разработан проект криогенного комплекса по выделению из природного газа, ожижению, хранению и транспортировке жидкого гелия. Проект предусматривал переработку 1 млрд м<sup>3</sup> природного газа в год, с получением 550 литров жидкого гелия в час;

- разработана технологическая схема выделения гелия из природного газа на базе азотного холодильного цикла с детандерами, пластинчато-ребристыми теплообменниками и ректификационной колонной, широко применяемыми в

практике создания крупных воздуходелительных установок ОАО "Криогенмаш" и полностью освоенными в производстве предприятия;

- выполнен комплекс научно-исследовательских работ по разделению газовых смесей с участием легких газов на полволоконных мембранных модулях, разработана методика их расчета и проектирования, создана и готова к испытаниям в 2010 г. опытно-промышленная установка для разделения редких газов.

#### В области очистки и ожижения гелия:

- создана, поставлена заказчику и пущена в эксплуатацию система тонкой очистки гелия для космодрома SHAR (Индия);

- разработана и освоена в производстве серия блоков маслоочистки, низкотемпературной очистки от примесей воздуха и неона, которые применяются в гелиевых системах, ожижителях и рефрижераторах производства ОАО "Криогенмаш";

- отработан ряд ожижителей производительностью от 200 до 2400 л/ч и рефрижераторов производительностью до 3000 Вт на уровне 4,2 К и ниже.

- осуществлена комплектная поставка гелиевых и азотных систем криогенного обеспечения для фундаментальных научных исследований в Институт атомной энергии им. Курчатова, Институт высоких температур РАН, Институт. Ядерной. Физики Сибирское Отделение РАН, Институт физики высоких энергий (Протвино), Энергетический институт и др.

#### В области систем хранения и транспортировки жидкого гелия:

- разработаны резервуары для жидкого гелия объемом 1,25, 16 и 40 м<sup>3</sup> с экранно-вакуумной теплоизоляцией и гелиевый криостат объемом 92 м<sup>3</sup>;

- накоплен опыт создания резервуаров для жидкого водорода объемом 60 и 250 м<sup>3</sup> и транспортных цистерн объемом 45 м<sup>3</sup> и 100 м<sup>3</sup>, который может служить базой для разработки резервуаров и цистерн для жидкого гелия большой вместимости;

- освоено серийное производство криогенных трубопроводов для жидкого гелия диаметром до 150 мм и для жидкого водорода диаметром до 400 мм.

-поставленные и смонтированные в Европейском центре ядерных исследований (Женева) трубопроводы для жидкого гелия общей длиной более 1500 м отработали без нарушения показателей в составе ускорителя LEP-200 и заслужили Сертификаты качества CERN.

ООО "Газпром добыча Оренбург" поручено в рамках Программы научно-исследовательских опытных конструкторских разработок курирование разработки автомобильной транспортной гелиевой цистерны для решения проблемы поставок гелия. Разработка контейнера для транспортировки жидкого гелия объемом 40 м<sup>3</sup> ведется совместно с НПО "Гелиймаш".