

УДК 621.593

¹*В.Л. Бондаренко, доктор техн. наук, ²А.Н. Кислый, ³А.Н. Стефановский, аспирант, ²О.В. Дьяченко, канд. тех. наук*

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Лефортовская наб., д. 1, факультет «Энергомашиностроение», г. Москва, РФ, 105005

²ООО «Айсблик», ул. Пастера, 29, г. Одесса, Украина, 65026

³Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail: ¹nadia@iceblick.com; ²ank@iceblick.com, diachenko-ov@yandex.ru; ³stefa@iceblick.com

ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ КРИПТОНА И КСЕНОНА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

Источником криптона и ксенона является атмосферный воздух. Первичный концентрат этих тяжелых инертных газов получают в криптоновой колонне криогенных воздуходелительных установок. Рассмотрены особенности двух технологий получения криптона и ксенона из первичного концентрата. Освещены технологические особенности установки для сепарации криптоноксеноновой смеси. Проанализированы основные режимы ее работы. Установлено, что качество конечного продукта зависит от применяемого технологического режима работы указанной установки. Приведены результаты экспериментов по получению криптона и ксенона чистотой более 99,9995 %.

Ключевые слова: Криптоноксеноновая смесь. Ректификационная технология. Адсорбционная технология. Криптон и ксенон высокой чистоты.

1. ВВЕДЕНИЕ

Основным промышленным источником криптона и ксенона является атмосферный воздух. Содержание в нем указанных газов не превышает $1,14 \cdot 10^{-4}$ % об. Kr и $8,7 \cdot 10^{-6}$ % об. Xe [1-3].

В настоящее время тяжелые инертные газы Kr и Xe используют в различных наукоемких отраслях техники и в высоких технологиях [2-8]. Наибольшие потребители тяжелых инертных газов — медицина, космическая техника, светотехника, электроника, лазерная техника и современные строительные технологии. Заметен рост потребности в указанных продуктах высокой чистоты.

Объем мирового производства криптона и ксенона в последние годы составляет более 135 тыс. нм³/год. Их применение ежегодно увеличивается на 15...20 % [4]. Основными потребителями являются страны с развитой экономикой: США, Германия, Япония, Франция, Китай, Корея.

Получение чистых продуктов, как правило, сосредоточено в промышленно развитых регионах мира (рис. 1). При этом около 80 % объема поставок обеспечивается четырьмя крупнейшими компаниями: Air Liquide (Франция), Praxair (США), Linde (Германия) и Iceblick (Украина) [4], которые на практике реализуют достаточно сложные технологии, включающие сбор сырья из различных источников, его обогащение и получение продуктов высокого качества (99,999 ... 99,99999 % Kr и Xe).

В настоящей статье будет обобщен накопленный в течение многих лет опыт производства криптона и ксенона высокой чистоты, а также будут приведены

результаты экспериментов по их получению с чистотой более 99,9995 %.

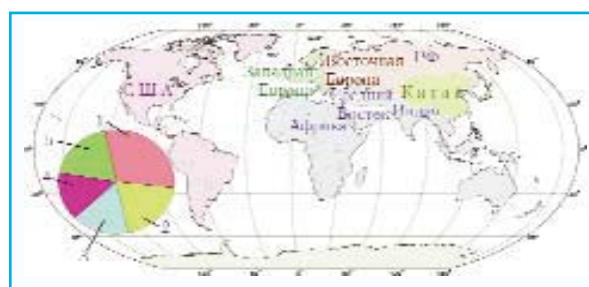


Рис. 1. Производство тяжелых инертных газов в различных регионах мира: 1 — Восточная Европа (30 %); 2 — Китай (20 %); 3 — Средний Восток, Индия, Африка (16 %); 4 — США (15 %); 5 — Западная Европа (19 %)

2. ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КРИПТОНА И КСЕНОНА

2.1. Технологическая последовательность извлечения чистых продуктов.

Существуют две взаимно дополняющие технологии получения чистых газов: ректификационная и адсорбционно-ректификационная [2]. Ректификационная технология производства криптона и ксенона включает [2, 5]:

1) выделение первичного концентрата в криптоновой колонне ВРУ, содержащего около 0,2 % (Kr-Xe);

2) обогащение первичного концентрата, удаление из него взрывоопасных примесей (углеводородов) и получение