

УДК 621.593

¹А.П. Графов, канд. техн. наук; ²М.И. Ионов, аспирант^{1,2}ООО «Айсблик», ул. Пастера, 29, г. Одесса, 65026, Украинаe-mail: ¹grafoff@mail.ru; ²ionov@i.uaORCID: ¹http://orcid.org/0000-0002-5040-9547; ²http://orcid.org/0000-0003-3804-5418

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАКЦИИ ГИДРАТОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ РЕДКИЕ ГАЗЫ

Обогащение и дальнейшее разделение криптоноксеноновых смесей производится преимущественно при криогенных температурах. Обращается внимание на целесообразность использования в этих целях газогидратного способа. Гидраты ксенона и криптона формируются при относительно высоких температурах, превышающих 273 К. Приведена схема установки гидратного обогащения Хе-СН₄-смеси и описан принцип её действия. Приближенные количественные оценки показывают, что эффективность газогидратного разделения в некоторых случаях будет соизмерима с эффективностью традиционных методов. Газогидратный метод применим также для очистки Kr-Хе-смеси природного происхождения от неизбежной примеси радона.

Ключевые слова: Разделение смесей газов. Криптон. Ксенон. Радон. Газовые гидраты.

1. ВВЕДЕНИЕ

Технологии получения ксенона и криптона включают в себя несколько этапов последовательного обогащения различных газовых смесей. Практически на всех этапах этого обогащения используются криогенные методы разделения газовых смесей, реализация которых сопровождается высокими энергетическими затратами и требует сложного и дорогостоящего аппаратного обеспечения. Вместе с тем, существуют предпосылки к использованию газогидратного метода для разделения богатых смесей этих газов [1]. Этот альтернативный метод привлекает возможностью обеспечения относительно низких эксплуатационных затрат на разделение газовой смеси, так как не требует дорогостоящего термостатирования при низких температурах. Кроме того, газогидратный метод, возможно, применим для очистки криптоноксенонового сырья природного происхождения от неизбежной примеси радона. Эта задача особенно актуальна в производстве ксенона и криптона, предназначенных для использования в медицине

2. ОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ — УНИКАЛЬНОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ

В 1810 г. английским химиком Хемфри Дэви было получено необычное вещество, — лёд светло-жёлтого цвета, — классифицированное им как гидрат хлора и распознанное как химическое соединение. Действительная же природа гидрата хлора и открытых вслед за ним гидратов брома (Левит, 1829), сероводорода (Вёлер, 1840), лёгких углеводородов (Вил-

лар, 1888) оставалась нераскрытой до 1948 г., когда английский учёный Герберт Пауэлл в ходе экспериментов с гидрохиноном установил клатратный характер гидратов. Пауэллом была опубликована статья «Клатратные соединения», а немного позже, в 1949 году, изучавший гидраты при помощи рентгеноскопии Штакельберг пришёл к аналогичному выводу.

Что же такое газовые гидраты?

При определённых термобарических условиях становится возможным формирование из молекул воды кристаллического каркаса, полости в котором содержат элементарные частицы гостевого газа. При этом температура может быть выше температуры затвердевания воды.

Сцепление компонентов осуществляется не за счёт химических (валентных) связей, а за счёт физического взаимодействия, основанного на ван-дер-ваальсовых силах.

Благодаря физической природе гидратов возможно получение клатратов благородных газов. Так, уже в 1896 г. Вайяр сообщил о получении гидрата аргона, в то время как первое истинно химическое соединение благородного газа было получено только в 1962 г. Бартлеттом (реакция ксенона с гексафторидом платины).

Правило, позволяющее выделять вещества, способные к образованию гидратов, сформулировал Б. А. Никитин: «Если два вещества обладают сходными ван-дер-ваальсовыми силами и молекулы их сходны по размеру и форме, то они должны давать с третьим веществом аналогичные соединения, обладающие близкой устойчивостью и способные образовывать друг с другом смешанные кристаллы» [2].