

СИНТЕЗ МОНОЭТАНОЛЭТИЛЕНДИАМИНА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Н. П. Козлова¹, Р. В. Дорохов¹✉, Ю. А. Ферапонтов¹, И. В. Глебов²

*АО «Росхимзащита» (1), ohinh@krhz.ru; Тамбов, Россия;
ПАО «РКК «Энергия» (2), Королёв, Россия*

Ключевые слова: 2-(2-Аминоэтил)-аминоэтанол; ИК-спектрометрия; моноэтанолэтилендиамин; масс-спектрометрия; поглотитель диоксида углерода; синтез; хромато-масс-спектрометрия; этилендиамин; этиленхлоргидрин.

Аннотация: Представлены результаты разработки лабораторной технологии синтеза моноэтанолэтилендиамина (МЭЭДА) в щелочной среде из этилендиамина и этиленхлоргидрина отечественного производства. Методами физико-химического анализа проведена идентификация данного соединения. На основе полученных результатов рекомендованы технологические параметры синтеза МЭЭДА, позволяющие получать целевой продукт с содержанием основного вещества до 92 % весовых при минимальных затратах ресурсов. С использованием синтезированного МЭЭДА изготовлен поглотитель диоксида углерода ХАК-18-2М-Т (ТУ 6520-099-05907954–2001), применяемый в системах жизнеобеспечения пилотируемых космических кораблей, в динамических условиях проведена оценка его хемосорбционных характеристик. Показано, что по основным эксплуатационным характеристикам полученный поглотитель CO₂ не уступает серийно выпускаемым образцам.

Введение

Во многих отраслях современной промышленности для глубокой очистки и осушки технологических потоков, улучшения качества сырья и конечных продуктов широко применяются адсорбционные методы с использованием адсорбентов, имеющих развитую внутреннюю поверхность – силикагели, цеолиты, алюмогели и другие, позволяющие практически полностью извлекать примеси из газовой или жидкой среды [1 – 5]. Широкое применение получили адсорбенты и хемосорбенты в системах жизнеобеспечения человека при его необходимости длительное время находиться в изолированных от внешней среды условиях (например, космические и глубоководные океанографические исследования), требующих поддержания строго фиксированного химического состава атмосферы [6 – 11]. Поглотитель диоксида углерода ХАК-18-2М-Т (ТУ 6520-099-05907954–2001) предназначен для поглощения CO₂ из газовой смеси и в настоящее время используется в составе системы очистки атмосферы кабин пилотируемых космических кораблей.

Одним из основных компонентов, необходимых для изготовления ХАК-18-2М-Т, является 2-(2-Аминоэтил)-аминоэтанол (моноэтанолэтилендиамин), производимый фирмой Sigma Aldrich. В связи с санкциями, наложенными на Российскую Федерацию, закупка и поставка данного вещества из Германии практически невозможна. В России промышленный синтез моноэтанолэтилендиамина (МЭЭДА) отсутствует.

О синтезе аминоэтилэтаноламина стало известно еще в начале прошлого века из публикации [12], где дано описание получения аминоэтилэтаноламина реакцией оксида этилена с этилендиамином (ЭДА) при комнатной температуре в присутствии значительного количества воды. Реакцию проводили в избытке этилендиамина, чтобы избежать образования высших аддуктов, например, N,N'-бис-(2-гидроксиэтил) этилендиамина.

В описании к авторскому свидетельству [13] приведено получение N,N'-бис-(2-гидроксиэтил) этилендиамина этоксилированием этилендиамина оксидом этилена в молярном отношении 1 : 2 при температуре 40...50 °С и в приблизительно 20%-м водном растворе. Данная реакция генерирует большое количество побочных продуктов.

Также известен способ получения аминоэтилэтаноламина реакцией этоксилирования этилендиамина оксидом этилена в присутствии катализатора [14]. Процесс этоксилирования этилендиамина проводился непрерывно с использованием 0,05...0,5 моля оксида этилена, предпочтительно 0,1...0,3 моля на моль этилендиамина, введением потока продукта этоксилирования в дистилляционную установку, предназначенную для перегонки потока продукта аминирования моноэтаноламина аммиаком, и перегонкой потока продукта этоксилирования в дистилляционной установке с выделением аминоэтилэтаноламина.

Существует много трудностей, связанных с получением МЭЭДА. Так, одной из проблем является то, что этоксилирование этилендиамина приводит к образованию ряда нежелательных побочных продуктов, таких как ди-, три- или тетра(гидроксиэтил) этилендиамина, которые, наряду с непрореагировавшим этилендиамином и оксидом этилена, а также присутствующей водой, нужно отделить от аминоэтилэтаноламина.

Использование воды в качестве катализатора приводит к образованию высококипящего азеотропаэтилендиамина, который трудно разделить. Получаемую смесь продуктов обычно разделяют вакуумной перегонкой. Если используют катализаторы, которые полностью или частично растворяются в реагентах, их также следует удалять до обработки реакционной смеси. В реакциях при температуре выше 100 °С оксид этилена также реагирует с присутствующей водой, образуя этиленгликоль, что приводит к потерям оксида этилена и появлению дополнительных проблем разделения.

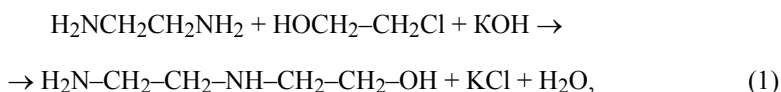
Цель работы – разработка технологии получения МЭЭДА из отечественных компонентов на производственной площадке АО «Росхимзащита» и его дальнейшее использование для получения поглотителя диоксида углерода ХАК-18-2М-Т (ТУ 6520-099-05907954–2001).

Экспериментальная часть

В качестве исходного отечественного сырья для получения МЭЭДА (H₂N–CH₂–CH₂–NH–CH₂–CH₂–OH) выбраны этилендиамин (ТУ 2636-160-44493179–2013), этиленхлоргидрин (ЭХГ) (ТУ 6-01-687–77), гидроксид калия (ГОСТ 24363–80) и спирт этиловый (ГОСТ 5962–2013). Предложенный процесс получения МЭЭДА состоит из следующих основных стадий:

1. Взаимодействие этилендиамина (H₂NCH₂CH₂NH₂) с ЭХГ (НОСН₂–СН₂Сl) в щелочной среде.
2. Отгонка смеси «этилендиамина – вода» и высаливание хлорида калия из продуктов реакции.
3. Фильтрация спиртового раствора МЭЭДА от хлорида калия.
4. Отгонка растворителя и целевого продукта.

Упрощенно химизм процесса может быть представлен следующим образом



Для реализации данного процесса в лабораторных условиях предложена технологическая схема, состоящая из двух установок, представленных на рис. 1 и 2.

Первый этап синтеза осуществляли следующим образом (см. рис. 1). В трехгорлую круглодонную колбу 3 объемом 500 мл, опущенную для охлаждения в емкость с холодной водой 7, подают 188 мл 70%-го раствора ЭДА через открытую горловину и капельную воронку 1, далее загружают 26 г КОН, надевают сверху обратный холодильник 5 с подключенной водой для охлаждения. После окончания загрузки раствора щелочи включается магнитная мешалка 6 и происходит перемешивание растворов. Для измерения температуры реакционной смеси используют термопару КТХК 02.01-063. Затем в колбе создается азотная подушка за счет подачи в течение 1–2 мин азота через насадку 8 для вытеснения воздуха. После прекращения подачи азота через капельную воронку 1 при непрерывном перемешивании в количестве 26 мл добавляется ЭХГ. При этом происходит экзотермическая реакция, и чтобы температура реакционной смеси не повышалась выше 52 °С, колбу 3 охлаждают проточной водой. Скорость подачи ЭХГ регулируется так, чтобы не наблюдалось выделения оксида этилена из реакционной массы. Выделение оксида этилена из круглодонной колбы 3 через силиконовую трубку 4 фиксируется по появлению пузырьков в склянке Дрекселя 2. При выделении оксида этилена добавление ЭХГ прекращается до охлаждения реакционной смеси ниже критического значения. После завершения прикапывания ЭХГ в капельной воронке оставляют небольшое количество ЭХГ в качестве гидрозатвора. Реакционная смесь выдерживается 5 – 10 мин с перемешиванием для завершения процесса синтеза.

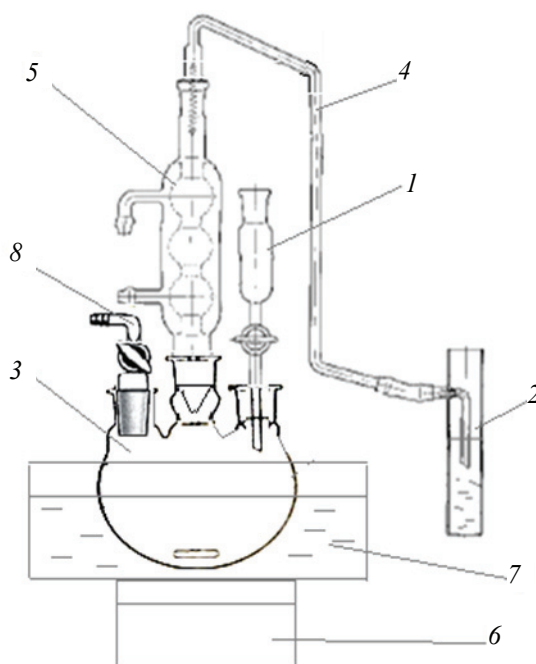


Рис. 1. Установка для синтеза МЭЭДА

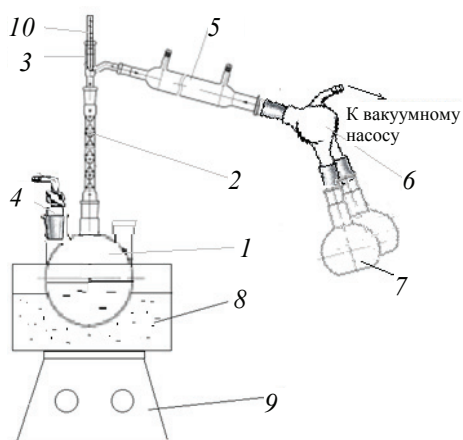


Рис. 2. Установка для отгонки смеси «ЭДА – вода», растворителя и МЭЭДА

Далее собирается установка, предназначенная для отгонки смеси «ЭДА – вода», а также для отгонки растворителя и целевого продукта МЭЭДА (см. рис. 2).

Для этого обратный холодильник 5 и капельная воронка 1 извлекаются из трехгорлой колбы 3 (см. рис. 1), свободные отверстия колбы закрывают плотно притертыми стеклянными пробками. Колбу 1 (см. рис. 2) располагают на песчаной бане 8 на электрической плитке с закрытой спиралью 9, погружая колбу в песок до уровня реакционного раствора, и сверху накрывают асбестовым полотном. После сборки установки ее проверяют на герметичность. Если установка пригодна для работы, в нее помещают перегоняемое вещество, подключают вакуум и начинают постепенное повышение температуры в колбе 1. Вакуумный насос (на схеме не указан) подсоединяется к перегонной установке через вакуумный кран к отводу аллонжа 6.

При температуре в парах 80...110 °С (контролируется термометром 10, соединенным дефлегматором 2 насадкой 3) и при техническом вакууме 40...60 мм рт. ст. отгоняется (62 – 64)%-ный водный раствор ЭДА, конденсирующийся в холодильнике 5. Перегонка смеси азеотропной «ЭДА – вода» заканчивается при снижении температуры над дефлегматором 2 ниже 80 °С. При этом в колбе 1 образуется вязкая смесь.

После отгонки ЭДА и воды содержимое колбы 1 охлаждается до 20...25 °С, вакуум отключается, в свободное горло колбы 1 вставляется капельная воронка и подается этиловый спирт в количестве 52 мл. При этом образовавшийся в процессе синтеза KCl выпадает в осадок, а продукты реакции растворяются в спирте. Содержимое колбы 1 фильтруется через фильтровальную бумагу – KCl остается на фильтре, а фильтрат – спиртовой раствор продуктов реакции в количестве 75 г загружается обратно в колбу 1 для проведения отгонки растворителя. Для этого смесь на песчаной бане подогревается до 80...85 °С и начинается отгонка этилового спирта. Отгонка этилового спирта (в количестве примерно 46 мл) заканчивается после того, как температура над дефлегматором 2 начинает снижаться ниже 78 °С. Этиловый спирт без дополнительной очистки используется в последующих синтезах. После отгонки этанола все соединения смазываются вакуумной смазкой, к установке подключается вакуумный насос и при 5...15 мм рт. ст. начинается отгонка целевого продукта – моноэтанолэтилендиамина. Отгонка проходит в слабом токе азота, который подключается краном, расположенным в насадке для подачи азота 4. На первоначальной стадии начинается медленный отбор пред-

гона, состоящего из растворителя и непрореагировавших исходных веществ. Предгон отгоняется в одну из приемных колб 7, затем при том же вакууме и температуре в парах 100...120 °С в другую приемную колбу 7 (меняется поворотом аллонжа б) отгоняется целевой продукт в количестве примерно 31,3 мл.

По представленной методике проведено несколько синтезов МЭЭДА и суммарно наработано около 110 мл МЭЭДА. Часть полученного продукта исследовалась методами физико-химического анализа, вторая часть использовалась для получения поглотителя диоксида углерода ХАК-18-2М-Т.

Анализ полученных веществ

При проведении первого этапа синтеза окончание процесса взаимодействия этилендиамина с этиленхлоргидрином оценивалось качественно методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС) по содержанию (или отсутствию) ЭХГ в реакционной смеси на газовом хроматографе «Хроматэк Кристалл 5000.2» с масс-спектрометрическим детектором и капиллярной колонкой HP-FFAP в режиме программирования температуры 100...250 °С. Полученные хроматограммы обрабатывались с помощью программного обеспечения и библиотеки данных масс-спектров NIST 11.

Анализ реакционной смеси проводился примерно через 30 мин после добавления всего ЭХГ, для того чтобы удостовериться в его отсутствии в реакционной смеси и для прохождения реакции с полной конверсией основного реагента. На рисунке 3 представлена хроматограмма реакционной смеси, которая показывает наличие избытка этилендиамина и отсутствие ЭХГ.

Для определения времени выхода этиленхлоргидрина на хроматограмме снята масс-спектрограмма реактива ЭХГ (рис. 4).

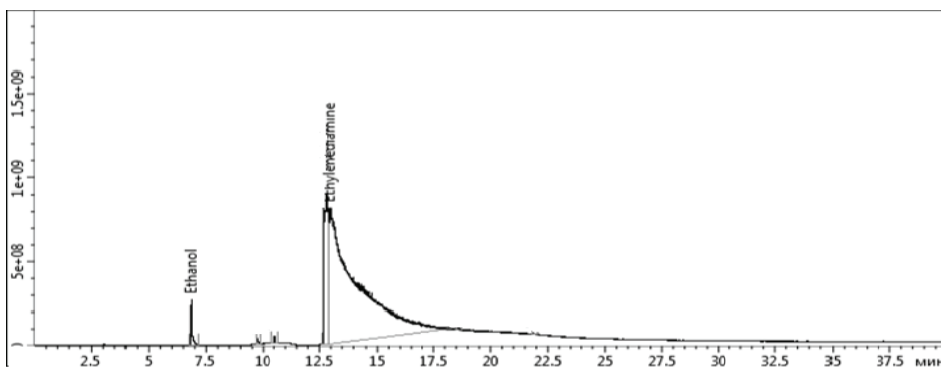


Рис. 3. Хроматограмма реакционной смеси после проведения синтеза

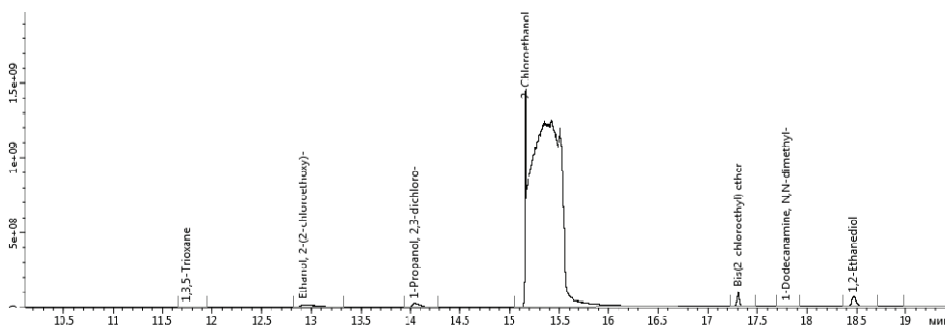


Рис. 4. Хроматограмма этиленхлоргидрина

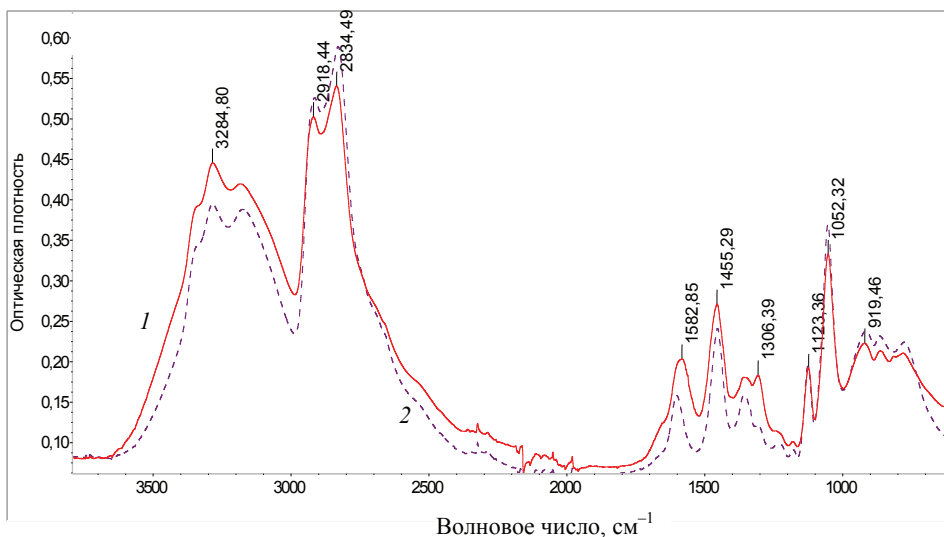


Рис. 5. ИК-спектрометрия образцов МЭЭДА:

1 – аналог производства Sigma Aldrich;
2 – производство АО «Росхимзащита»

Как видно, время выхода ЭХГ на хроматограмме соответствует времени 15,4 мин, что не наблюдается на хроматограмме реакционной смеси (см. рис. 3). Отсюда следует вывод, что реакция прошла полностью.

Качественное определение соответствия полученного продукта моноэтанолэтилендиамину проводили методом ИК-спектрометрии на ИК-Фурье спектрометре Nicolet S50 FT-IR. Для съемок использовалась приставка нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Условия проведения исследований:

- число сканов пробы 128;
- разрешение 4;
- диапазон $4000 \dots 400 \text{ см}^{-1}$;
- детектор DTGS НПВО;
- светоделитель КВг.

Полученные ИК-спектры интерпретировались с помощью библиотеки данных и образцов сравнения известных фирм. На рисунке 5 представлена ИК-спектрометрия образцов МЭЭДА в сравнении с аналогом производства Sigma Aldrich.

Из представленных результатов видно, что полученный продукт соответствует МЭЭДА. По данным химического анализа содержание основного вещества в продукте синтеза составляет $\sim 92 \%$, плотность продукта соответствует справочным данным – $1,03 \text{ г/см}^3$.

Получение поглотителя диоксида углерода ХАК-18-2М-Т

Синтезированный МЭЭДА использован для изготовления опытного образца поглотителя диоксида углерода ХАК-18-2М-Т по стандартной методике. Проведены испытания изготовленного опытного образца поглотителя диоксида углерода ХАК-18-2М-Т на соответствие ТУ 6520-099-05907954–2001 по показателю динамической активности по диоксиду углерода, результаты которых представлены на рис. 6.

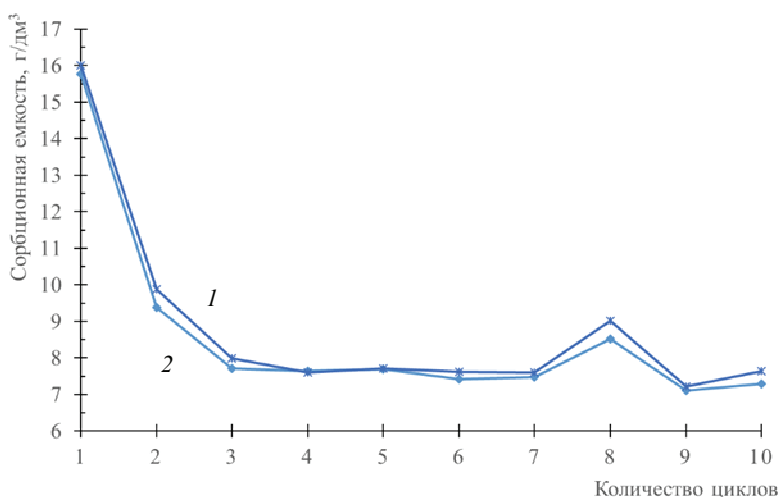


Рис. 6. Сравнение результатов испытаний образцов поглотителя ХАК-18-2М-Т:
 1 – образец, изготовленный с использованием синтезированного образца МЭЭДА;
 2 – серийный поглотитель ХАК-18-2М-Т

Заключение

Разработана лабораторная технология получения моноэтанолаэтилендиамина (МЭЭДА) из отечественных компонентов и получено ~110 мл целевого продукта. Полученный продукт исследован методами хромато-масс-спектрометрии, масс-спектрометрии и ИК-спектрометрии. Показано, что содержание основного вещества в продукте синтеза составляет более 92 %, что по характеристикам соответствует зарубежному аналогу. С использованием синтезированного в АО «Росхимзащита» образца МЭЭДА изготовлен опытный образец поглотителя диоксида углерода ХАК-18-2М-Т и проведено его испытание на соответствие ТУ 6520-099-05907954–2001 по показателю динамической активности по диоксиду углерода. Установлено, что полученный поглотитель не уступает серийно выпускаемому образцу.

Список литературы

1. Лакеев, В. П. Осушка природного газа цеолитами / В. П. Лакеев, Ф. Г. Гайнауллин // Газовая промышленность. – 1968. – № 11. – С. 43 – 47.
2. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – М. : Химия, 1976. – 511 с.
3. Corma, A. Adsorption in Technology Hydrocarbon / A. Corma // Chemical Reviews. – 1997. – Vol. 97, No. 6. – P. 2373 – 2420.
4. Yang, R. T. Adsorbents: Fundamentals and Applications / R. T. Yang. – N.Y. : Wiley – Interscience, 2003. – 410 p.
5. Aristov, Yu. I. Novel Materials for Adsorptive Heat Pumping and Storage: Screening and Nanotailoring of Sorption Properties / Yu. I. Aristov // Journal of chemical engineering of Japan. – 2007. – Vol. 40, No. 13. – P. 1241 – 1251.
6. Иванов, Д. И. Системы жизнеобеспечения человека при высотных и космических полетах / Д. И. Иванов, А. И. Хромушкин. – М. : Машиностроение, 1968. – 251 с.
7. Presti, J. Undersea Technology / J. Presti, H. Wallman, A. Petroctlli. – 1967. – Vol. 8. – P. 20.
8. Воронин, Г. И. Жизнеобеспечение экипажей космических кораблей / Г. И. Воронин, А. И. Поливода. – М. : Машиностроение, 1967. – 236 с.

9. Petroctlli, A. Some Notes on the Use of Superoxides in Regenerative Air System / A. Petroctlli, A. Capolesto // *Aerospace Medicine*. – 1964. – Vol. 31. – P. 440 – 447.

10. Аврущенко, А. Е. Системы электрохимической регенерации воздуха атомных подводных лодок / А. Е. Аврущенко, А. Ф. Новиков, В. И. Френкель. – М. : Рус. история, 2002. – 430 с.

11. Пат. 2475301 Российская Федерация, МПК В01J 20/30. Способ получения гибких адсорбирующих изделий / Гладышев Н. Ф., Козадаев Л. Э., Путин Б. В., Путин С. Б., Ферапонтов Ю. А., Ферапонтова Л. Л., Булаев Н. А.; патентообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. – № 2011120012/05; заявл. 18.05.2011; опубл. 20.02.2013, Бюл. 5. – 9 с.

12. Knorr, L. Ueber Alkoholbasen aus Aethylendiamin und uber das Aethylenbismorpholin / L. Knorr, H. W. Brownadon // *Chemische Berichte*. – 1902. – Vol. 35, No. 3. – P. 4470 – 4473.

13. Описание изобретения к авт. свид. СССР 1512967 А1, СССР, МПК С 07 С 91/12. Способ получения N,N-бис(2-гидроксиэтил)-этилендиамина / Б. А. Палей, В. С. Бабина, Л. Н. Сорокина, Б. С. Коломиец, Г. П. Палей; заявитель Тульский филиал Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института химической промышленности. – № 4399106, заявл. 10.02.1988; опубл. 07.10.1989.

14. Пат. 2159226 Российская Федерация, С2. МПК С07D 295/08, В01J 31/10, С07В 61/00, С07С 213/04, С07С 215/14, С07D 295/088. Способ получения аминоэтилэтанолamina и/или гидроксипиперазина / Юхан Келль (SE), Магнус Франк (SE); заявитель и патентообладатель Акцо Нобель Н. В. (NL). – № 9711481/04; заявл. 11.01.1996, опубл. 20.11.2000, Бюл. 32.

Synthesis of Monoethanolethylenediamine and Study of its Physicochemical Properties

N. P. Kozlova¹, R. V. Dorokhov¹✉, Yu. A. Ferapontov¹, I. V. Glebov²

JSC Roskhimzashchita (1), hinht@krhz.ru; Tambov, Russia;

PJSC RSC Energia (2), Korolev, Russia

Keywords: 2-(2-Aminoethyl)-aminoethanol; IR spectrometry; monoethanolethylenediamine; mass spectrometry; carbon dioxide absorbent; synthesis; chromatograph mass spectrometry; ethylenediamine; ethylene chlorohydrin.

Abstract: The article presents the results of developing a laboratory technology for synthesizing monoethanolethylenediamine (MEEDA) in an alkaline medium from domestically produced ethylenediamine and ethylene chlorohydrin. The compound was identified using physicochemical analysis methods. The results made it possible to recommend technological parameters for synthesizing MEEDA that allow obtaining the target product with the content of the main substance up to 92% by weight with minimal resource costs. Using the synthesized monoethanolethylenediamine, an absorber of carbon dioxide КНАК-18-2М-Т (TU 6520-099-05907954–2001) was manufactured for use in the life support systems of manned spacecraft, and its chemisorption characteristics were assessed under dynamic conditions. It was shown that the obtained CO₂ absorber is not inferior to commercially available samples in terms of its main performance characteristics.

References

1. Lakeyev V.P., Gaynaullin F.G. [Drying of natural gas with zeolites], *Gazovaya promyshlennost'* [Gas industry], 1968, no. 11, pp. 43-47. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Kel'tsev N.V. *Osnovy adsorbtsionnoy tekhniki* [Fundamentals of adsorption technology], Moscow: Khimiya, 1976, 511 p. (In Russ.)
3. Corma A. Adsorption in Technology Hydrocarbon, *Chemical Review*, 1997. vol. 97, no. 6, pp. 2373-2420.
4. Yang R.T. *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, N.Y.: Wiley – Interscience, 2003, 410 p.
5. Aristov Yu.I. Novel Materials for Adsorptive Heat Pumping and Storage: Screening and Nanotailoring of Sorption Properties, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 2007, vol. 40, no. 13, pp. 1241-1251.
6. Ivanov D.I., Khromushkin A.I. *Sistemy zhizneobespecheniya cheloveka pri vysotnykh i kosmicheskikh poletakh* [Human life support systems for high-altitude and space flights], Moscow: Mashinostroyeniye, 1968, 251 p. (In Russ.)
7. Presti J., Wallman H., Petroctlli A. *Undersea Technology*, 1967, vol. 8, p. 20.
8. Voronin G.I., Polivoda A.I. *Zhizneobespecheniye ekipazhey kosmicheskikh korably* [Life support of spacecraft crews], Moscow: Mashinostroyeniye, 1967, 236 p. (In Russ.)
9. Petroctlli A., Capolesto A. Some Notes on the Use of Superoxides in Regenerative Air System, *Aerospace Medicine*, 1964, vol. 31, pp. 440-447.
10. Avrushchenko A.Ye., Novikov A.F., Frenkel'V.I. *Sistemy elektrokhimicheskoy regeneratsii vozdukha atomnykh podvodnykh lodok* [Systems of electrochemical air regeneration of nuclear submarines], Moscow: Rus. Istoriya, 2002, 430 p. (In Russ.)
11. Gladyshev N.F., Kozadayev L.E., Putin B.V., Putin S.B., Ferapontov Yu.A., Ferapontova L.L., Bulayev N.A. *Sposob polucheniya gibkikh adsorbiruyushchikh izdeliy* [Method for producing flexible absorbent articles]; Russian Federation, 2013, Pat. 2475301 (In Russ.)
12. Knorr L., Brownadon H.W. Ueber Alkoholbasen aus Aethylendiamin und uber das Aethylenbis-morpholin, *Chemische Berichte*, 1902, vol. 35, no. 3, pp. 4470-4473.
13. Paley B.A., Babynina V.S., Sorokina L.N., Kolomiyets B.S., Paley G.P. *Sposob polucheniya N,N-bis(2-gidroksietil)-etilendiamina* [Method for producing N,N-bis(2-hydroxyethyl)-ethylenediamine], USSR, 1989, Author's Certificate 1512967 (In Russ.)
14. Yukhan Kell' (SE), Magnus Frank (SE), *Sposob polucheniya amino-etiletanolamina i/ili gidroksietilpiperazina* [Process for producing amino-ethylethanolamine and/or hydroxyethylpiperazine], Russian Federation, 1996, Pat. 2159226 (In Russ.).

Synthese von Monoethanolethylendiamin und Untersuchung seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften

Zusammenfassung: Es sind die Ergebnisse der Entwicklung einer Labortechnologie zur Synthese von Monoethanolethylendiamin (MEEDA) in alkalischem Medium aus im Inland produziertem Ethylendiamin und Ethylenchlorhydrin vorgestellt. Diese Verbindung war mithilfe physikalisch-chemischer Analysemethoden identifiziert. Die erzielten Ergebnisse ermöglichten es, technologische Parameter der MEEDA-Synthese zu empfehlen, die es erlauben, das Zielprodukt mit einem Gehalt an der Hauptsubstanz von bis zu 92 Gewichtsprozent bei minimalem Ressourcenverbrauch zu erhalten. Unter Verwendung von synthetisiertem

Monoethanolethylendiamin war ein Kohlendioxidabsorber KHAK-18-2M-T (TU 6520-099-05907954–2001) hergestellt, der in Lebenserhaltungssystemen bemannter Raumfahrzeuge verwendet wird. Seine Chemiesorptionseigenschaften sind unter dynamischen Bedingungen bewertet. Es hat sich gezeigt, dass der erhaltene CO₂-Absorber in Bezug auf seine wichtigsten Betriebseigenschaften den Serienmustern nicht unterlegen ist.

Synthèse de la monoéthanoléthylènediamine et étude de ses propriétés physico-chimiques

Résumé: Sont présentés les résultats du développement d'une technologie de laboratoire pour la synthèse de la monoéthanoléthylènediamine (MEEDA) dans un milieu alcalin à partir de l'éthylènediamine et du chlorure d'éthylène de production nationale. Les méthodes d'analyse physico-chimique ont permis d'identifier ce composé. Les résultats ont permis de recommander des paramètres technologiques pour la synthèse du MEEDA, ce qui permet d'obtenir un produit cible avec une teneur en matière organique allant jusqu'à 92% en poids, à un coût minimal des ressources. L'absorbeur de dioxyde de carbone HAC-18-2M-T (TU 6520-099-05907954-2001) a été fabriqué à l'aide de monoéthanoléthylènediamine synthétisée, utilisé dans les systèmes de soutien à la vie des vaisseaux spatiaux habités et ses propriétés chimiosorbantes ont été évaluées dans des conditions dynamiques. Il est montré que en termes de performance de base, l'absorbeur de CO₂ obtenu n'est pas inférieur aux échantillons produits en série.

Авторы: *Козлова Надежда Петровна* – кандидат технических наук, начальник лаборатории химико-аналитических исследований; *Дорохов Роман Викторович* – кандидат технических наук, начальник лаборатории № 2 отдела химии и новых химических технологий; *Ферапонтов Юрий Анатольевич* – кандидат химических наук, начальник отдела химии и новых химических технологий, АО «Росхимзащита», Тамбов, Россия; *Глебов Игорь Васильевич* – кандидат технических наук, заместитель руководителя научно-технического центра по российской орбитальной станции, ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Россия.