**Оптимизация макроструктуры высокопористого ячеистого катализатора для взаимной детоксикации NO и CO**

**Митричев Иван Игоревич**, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, аспирант, ведущий программист кафедры информационных компьютерных технологий, 125047, Россия, г. Москва, Миусская пл., 9, факс +74956092964, тел. + 74954952126, imitrichev@muctr.ru

**Варданян Андраник Эдуардович**, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, студент 4 курса бакалавриата кафедры информационных компьютерных технологий, 125047, Россия, г. Москва, Миусская пл., 9, факс +74956092964, тел. + 74954952126, kolts@muctr.ru

**Женса Андрей Вячеславович**, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, к.т.н., доцент кафедры информационных компьютерных технологий, 125047, Россия, г. Москва, Миусская пл., 9, факс +74956092964, тел. + 74954952126, kolts@muctr.ru

**Кольцова Элеонора Моисеевна**, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, д.т.н., профессор, заведующая кафедрой информационных компьютерных технологий, 125047, Россия, г. Москва, Миусская пл., 9, факс +74956092964, тел. + 74954952126, kolts@muctr.ru

***Ключевые слова:*** *высокопористый материал, катализатор, оптимизация, математическое моделирование, оксид азота, монооксид углерода, очистка отходящих газов****.***

Очистка отходящих газов от NO и CO является важной задачей для экологического катализа. Методом компьютерного моделирования изучено, как влияет макроструктура современного высокопористого ячеистого катализатора на степень очистки в указанном процессе. Степень взаимной нейтрализации NO и CO зависит от общей поверхности катализатора. При одинаковом количестве активного компонента и одинаковой площади поверхности катализатора высокопористый материал с максимальным значением порозности обладает наименьшим сопротивлением потоку. Высокопористый материал с меньшей порозностью обеспечивает незначительно большую конверсию при значительном увеличении гидравлического сопротивления. Следует использовать материал с высоким значением числа пор на дюйм для уменьшения длины катализатора, необходимой для заданной степени очистки.

**Библиография**

1. Грунский В.Н. Малообъемные блочные каталитические системы ячеистой структуры с развитой регулируемой внешней поверхностью. Дис. … докт. техн. наук. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009.

2. Анциферов В. Н. Проблемы порошкового материаловедения. Ч. VII: Высокопористые проницаемые ячеистые материалы - перспективные носители катализаторов / В. Н. Анциферов, А. М. Макаров, А. А. Остроушко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 228 с.

3. Гарбарук А.В. Течения вязкой жидкости и модели турбулентности: методы расчета турбулентных течений: конспект лекций / А. В. Гарбарук – СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2010. – 127 с.

4. Митричев И.И., Кольцова Э.М., Женса А.В. Компьютерное моделирование газодинамической обстановки внутри каналов высокопористого ячеистого материала // Фундаментальные исследования. – 2012, № 11(2). – С. 440-446.

5. Boomsma K., Poulikakos D. The effects of compression and pore size variations on the liquid flow characteristics in metal foams // Journal of fluids engineering, 2002. – № 124(1). – C. 263-272.

6. Milligan B., Ray S. F. Recent improvements in the measurement and control of ceramic foam filter quality / In: Proc. Int. Conf. Advances in Production and Processing of Aluminum (APPA 2001). Manama, Bahrain, 2001. 15 с.

7. Лисова Н.С., Митричев И.И., Кольцова Э.М. Определение кинетических параметров реакции CO+NO // Успехи в химии и химической технологии. – 2015. – Т. XXIX, № 4. – С. 60-62.

**Cпособ выделения пара-нитротолуола из смеси изомеров мононитротолуола**

**Соловьев Сергей Александрович**

Федеральное казенное предприятие «Бийский олеумный завод», инженер-технолог Научно-исследовательской лаборатории

Адрес: 659315, г.Бийск Алтайского края

Тел.раб.: 8 (3854) 397-683

e-mail: [briz@boz.biysk.ru](mailto:briz@boz.biysk.ru)

**Звёздкин Владимир Михайлович**

Федеральное казенное предприятие «Бийский олеумный завод», заместитель начальника научно-технического центра

Адрес: 659315, г.Бийск Алтайского края

Тел.раб.: 8 (3854) 397-320

e-mail: [briz@boz.biysk.ru](mailto:briz@boz.biysk.ru)

***Ключевые слова****: пара-нитротолуол, серная кислота, вымораживание, мононитротолуол, динитротолуол, изопропиловый спирт, сульфитно-содовый раствор, кристаллизация, карбамид.*

Описаны области применения пара-нитротолуола и указаны потребности в нем различных отраслей промышленности. Проанализированы преимущества и недостатки трех основных способов производства пара-нитротолуола. Приведены доказательства того, что пара-нитротолуол экономически целесообразно выпускать на предприятии, где получают тринитротолуол и серную кислоту. Описаны способы выделения пара-нитротолуола методом вымораживания в среде серной кислоты и его очистка с помощью изопропилового спирта и сульфитно-содового раствора на лабораторной и опытной установках, а также конструкция основного оборудования. Показано, что способ выделения пара-нитротолуола с использованием серной кислоты позволяет получить готовый продукт с высоким качеством и выходом. Рассмотрен способ регенерации изопропилового спирта.

**Библиография**

1. Беркман Б.Е. Промышленный синтез ароматических нитросоединений и аминов. // М.: Химия, 1964.

2. Кашаев В.А., Зенков В.Ф., Валешний С.И., Ильин В.П. Способ выделения 4-нитротолуола, РФ № 2323205. 2008.

3. Збарский В.Л., Жилин В.Ф. Толуол и его нитропроизводные. // М.: Химия, 2000.

4. Власов О.М., Пляскин О.Ю., Соловьев С.А., Кадулин В.В., Жамилова З.А. Способ выделения 4-нитротолуола. РФ № 2560882. 2015. Патентообладатель: Федеральное казенное предприятие «Бийский олеумный завод».

5. Справочник сернокислотчика. М.: Химия, 1971.

6. Химия нитро- и нитрозогрупп / Под ред. Г.Фойера.–М.: Мир, 1973.

**Малоотходная технология 2',4,4'-тринитробензанилида – полупродукта синтеза 5(6)-амино-2-(4-аминофенил)бензимидазола**

**Завьялова Надежда Владимировна**

Общество с ограниченной ответственностью «Фенил» (ООО «Фенил»), инженер-исследователь.

e-mail: nadina86@rambler.ru

**Вулах Евгений Львович**

Общество с ограниченной ответственностью «Фенил» (ООО «Фенил»), генеральный директор, доктор химических наук, профессор.

Адрес: 300026, г. Тула, ул. Скуратовская, д. 98.

e-mail: [vulphenyl@mail.ru](mailto:vulphenyl@mail.ru)

***Ключевые слова****: 2',4,4´-тринитробензанилид, 5(6)-амино-2-(4-аминофенил)бензимидазол, ацилирование, кинетика.*

Синтез 2´,4,4´-тринитробензанилида ацилированием 2,4-динитроанилина 4-нитробензоилхлоридом в присутствии катализатора хлорида железа (III) проводится в среде хлорбензола. Рецикл хлорбензольного маточника после отделения 2',4,4'-тринитробензанилида обеспечивает упрощение процесса, повышение выхода и значительное сокращение количества отходов. Ацилирование 2,4-динитроанилина ингибируется как основным продуктом реакции, так и побочным ангидридом 4-нитробензойной кислоты, образующими комплексы с катализатором. Исследованы закономерности образования ангидрида 4-нитробензойной кислоты, влияние 4-нитробензойной кислоты и ее ангидрида на скорость ацилирования 2,4-динитроанилина 4-нитробензоилхлоридом в хлорбензоле в присутствии хлорида железа (III), закономерности синтеза 2´,4,4´-тринитробензанилида с применением рецикла хлорбензольного маточника. Синтезированы и охарактеризованы образцы 5(6)-амино-2-(4-аминофенил)бензимидазола.

**Библиография**

1. Патент РФ №2017866. МПК D01F6/80. Формованное изделие. Черных Т.Е., Шорин С.В., Куянцева И.Ф. и др., Бюлл. №15, 1994.

2. Патент РФ №2469052. МПК C08G69/32, D01F6/80. Способ получения ароматических сополиамидов (варианты) и высокопрочные высокомодульные нити на их основе. Черных Т.Е., Шорин С.В., Шиянова Л.Б. и др., Бюлл. №34, 2012.

3. Shuang Wang, Hongwei Zhou, Guodong Dang. Synthesis and Characterization of Thermally Stuble, High-Modulus Polyimides Containing Benzimidazole Moeieties. // J. Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry. 2009. Vol. 47. P. 2024–2031.

4. Морозова В.Я., Брандина Л.М.. Новохатка Д.А., Вулах Е.Л. Технология получения 2',4',4-тринитробензанилида – промежуточного продукта синтеза 5(6)-амино-2-(4-аминофенил)бензимидазола // Производные бензимидазола и других ароматических систем в синтезе мономеров: межвуз. сб. науч. тр. / Ленинград: ЛТИ им. Ленсовета. – 1982. – С. 23–33.

5. Чернобровкина М.Н., Вулах Е.Л., Иванова В.М. и др. Закономерности образования ангидридов взаимодействием ароматических карбоновых кислот с хлорангидридами. // Основной органический синтез и нефтехимия: сб. науч. тр. / Ярославский политехнический институт. – Ярославль, 1989. – Вып. 25. – С. 90–98.

6. Гутман В. Химия координационных соединений в неводных растворах. // М.: Мир, 1971.

7. Friedel-Crafts and Related Reaction / Ed. G.A. Olah. New York; London: Intersci. Publ., 1963. – Vol. 1. – P. 367–397.

8. Satchell D.P.N., Wardell J.L. Equilibria between stannic chloride and carboxylic acids in o-dichlorobenzene // Trans. Faraday Soc., 1965. – Vol. 61. – N510. – Pt. 6. – P. 1132–1137.

9. Мякишева Э.А., Каминский А.Я., Чиненова А.В. Определение 2,4-динитроанилина и 2′,4,4′-тринитробензанилида при их совместном присутствии // Методы анализа и контроля качества продукции: науч.-технич. реферативный сб. / НИИТЭХИМ. – М. – 1982. – С. 33–35.

10. Шмид Р., Сапунов В.Н. Неформальная кинетика. В поисках путей химических реакций. Пер. с англ. // М.: Мир, 1985.

11. Чичибабин А.Е. Основные начала органической химии. // М.: Госхимиздат, 1954. – Т. 1.

12. Общий практикум по органической химии. Пер. с нем. под ред. А.Н. Кост. // М.: Мир, 1965.

13. Лейдлер К. Кинетика органических реакций. Пер. с англ. под ред. И.П. Белецкой, Н.Ф. Казанской. // М.: Мир, 1966.

14. Ашмор П.А. Катализ и ингибирование химических реакций. // М.: Мир, 1966.

15. Вулах Е.Л., Морозова В.Я., Немлева С.А. и др. Конкурентное ингибирование в реакции ацилирования 2,4-динитроанилина 4-нитробензоилхлоридом в присутствии хлорного железа // Синтез и технология мономеров: сб. науч. тр. / ВНИПИМ. – М.: НИИТЭХИМ. – 1987. – С. 78–83.

**закономерности макроскопической кинетики процесса сополимеризации изобутилена с изопреном в условиях интенсивных турбулентных пульсаций**

**Терещенко константин алексеевич**

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», доцент кафедры ТППКМ,

Адрес:420015, Казань, Карла Маркса 68

Тел. раб. 8(843)231-95-46

e-mail:nucleurmind@yandex.ru

**улитин Николай Викторович**

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», профессор кафедры ТППКМ,

Адрес:420015, Казань, Карла Маркса 68

Тел. раб. 8(843)231-95-46

e-mail:n.v.ulitin@mail.ru

***Ключевые слова:*** *бутилкаучук, изобутилен, изопрен, суспензионная сополимеризация, физико-химическая гидродинамика.*

Впервые методом численного эксперимента исследована физико-химическая гидродинамика процесса катионной суспензионной сополимеризации изобутилена с изопреном (катализатор – AlCl3, растворитель – CH3Cl, температура ≥ 173 K; реакционный объем ограничен цилиндром, в котором созданы интенсивные турбулентные пульсации). Установлено, что с уменьшением размера реакционной области (диаметра цилиндра с 0.2 до 0.1 м) и скорости движения реакционной суспензии (с 10 до 1 м/c) происходит уменьшение среднечисленной (с 91700 до 1360) и среднемассовой (с 257000 до 134000) молекулярных масс синтезируемого бутилкаучука и увеличение его полидисперсности (с 2.8 до 110).

**Библиография**

1. Улитин Н.В., Терещенко К.А. Физико-химическая гидродинамика катионной сополимеризации изобутилена с изопреном // Химическая промышленность сегодня, 2015.

2. Улитин Н.В., Терещенко К.А. Модель химической кинетики и идентификация кинетических констант процесса катионной сополимеризации изобутилена с изопреном // Химическая промышленность сегодня, 2015.

3. Deberdeev R.Ya., Berlin A.A., Dyakonov G.S., Zakharov V.P., Monakov Yu.B. Fast chemical reaction in turbulent flows: theory and practice. Shawbury: Smithers Rapra Technology Ltd, 2013.

4. Sangalov Yu.A., Minsker K.S., Zaikov G.E. Polymers derived from isobutylene. Synthesis, properties, application. Utrecht: VSP, 2001.

5. Butyl Rubber: A techno-commercial profile. Chemical Weekly, 2009, V. 55, no. 12, pp. 207-211.

**Сравнительный анализ методов выделения гелия из природного газа и областей их эффективного применения**

**Тройников Антон Дмитриевич,**

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, аспирант кафедры мембранной технологии.

Адрес: 125047, Москва, Миусская пл., 9.  
e-mail: antontroynikov@mail.ru

ПАО «ВНИПИгаздобыча», инженер первой категории отдела перспективного развития.

Адрес: ул. Сакко и Ванцетти, 4, г. Саратов, 410012. Тел. 8(495)787-34-22;

**Каграманов Георгий Гайкович**

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой мембранной технологии Адрес: 125047, Москва А-47, Миусская пл., 9.

e-mail: [kagri@muctr.ru](mailto:kagri@muctr.ru)

**Кисленко Наталия Николаевна**

ПАО «ВНИПИгаздобыча», кандидат технических наук, член-корреспондент РАЕН, заместитель начальника Управления предпроектных разработок.

Адрес: ул. Сакко и Ванцетти, 4, г. Саратов, 410012.

***Ключевые слова****: гелий, выделение гелия, Восточная Сибирь, мембранная технология, мембранное разделение, криогенная технология, адсорбционная технология, хранение гелия.*

В статье выполнен анализ технологий, обеспечивающих извлечение гелия из состава гелийсодержащих природных газов. Показано, что применение криогенного метода выделения гелия наиболее эффективно при производстве СПГ с получением товарного гелия и углеводородных фракций, а также в случаях удаления азота из гелийсодержащего газа с одновременным получением целевых углеводородных фракций. Применение адсорбционного метода целесообразно при производстве товарного гелия из гелиевого концентрата, в котором содержание гелия превышает 50 об. %. Мембранная технология выделения гелия наиболее эффективна для задач выделения избыточных против рыночной потребности количеств гелия, с целью их направления на долгосрочное хранение в изолированные залежи разрабатываемых месторождений.

**Библиография**

1. Мкртычян Я. С., Люгай Д.В., Рубан Г.Н. и др. Гелий России. Гелий и его роль в решении ключевых проблем научно-технического прогресса. Книга 1. // М.: Нефтегаз, 2012. C. 125.

2. Пантелеев Д.В., Столыпин Е.В., Волченко А.Г., Сыркин А.М. Развитие промышленного производства гелия в ООО «Газпром добыча Оренбург» // «Нефтегазовое дело». 2011, №2. С. 128-135.

3. Огрель Л.Д. Перспективы России на рынке гелия. // Газовая промышленность №701, 2014, C. 22-23.

4. Якуцени В.П. Сырьевая база гелия в мире и перспективы развития гелиевой промышленности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2009, Т.4. Электронный ресурс URL: http://www.ngtp.ru/rub/3/15\_2009.pdf

5. Saeid Mokhatab, William A. Poe, John Y. Mak. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing, 3rd Edition Principles and Practices // Amsterdam, Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 2015. p. 628.

6. Conrado Rillo Millán, Leticia Tocado Martínez. U.S. Patent 8973397, 2015.

7. Мурин В.И., Кисленко Н.Н. и др. Технология переработки природного газа и конденсата: Справочник в 2 ч. // М.: Недра, 2002. Ч. 1. С. 517.

8. Молчанов С.А., Самакаева Т.О. Комплексная подготовка и переработка многокомпонентных природных газов на газохимических комплексах. // М.: Недра, 2013, С. 514.

9. Лапидус А.Л., Голубева И.А., Жагфаров Ф.Г. Газохимия. // М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. С. 447.

10. Campbell J.M. Gas Conditioning and Processing, v.2 The Equipment Modules. 7th edition. // Campbell Petroleum Series, 1992, p. 444.

11. Хан С.А., Игошин А.И., Казарян В.А., Скрябина А.С., Сохранский В.Б. Подземное хранение гелия // Ижевск, ИКИ, 2015, С. 272.

12. Бондарев В.Л., Чугунов А.В., Саркисова М.А., Бондарев Е.В. Перспективы хранения природного газа, обогащенного гелием, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. // Вести газовой науки № 3 (23), 2015, С. 63–67.

13. Malbrunot, P., Vidal, D., Vermesse, J., Chahine, R., Bose, T.K. Adsorbent Helium Density Measurement and Its Effect on Adsorption Isotherms at High Pressure // Langmuir, 13 (3), 1997, pp. 539-544.

14. Saha, D., Bao, Z., Jia, F., Deng, S. Adsorption of CO2, CH4, N2O, and N2 on MOF-5, MOF-177, and zeolite 5A. // Environ Science Technology, 2010, 44(5) pp.1820-1826.

15. Cavenati, S., Grande, C.A. and Rodrigues, A.E Adsorption Equilibrium of Methane, Carbon Dioxide, and Nitrogen on Zeolite 13X at High Pressures // Journal of Chemical & Engineering Data, 49 (4), 2004, pp. 1095–1101.

16. Maggs, F.A., Schwabe, P.H. and Williams, J.H. Adsorption of Helium on Carbons: Influence on Measurement of Density. // Nature, Volume 186, Issue 4729, 1960, pp. 956-958.

17. Сиротин С.А. «Технология выделения гелиевого концентрата. Предложения по технологии тонкой очистки гелия». // Научно-технический Совет ОАО «Газпром», г. Оренбург, 7-8 сентября 2010 г.

18. Das, N.K., Chaudhuri, H., Bhandari, R.K., Ghosh, D., Sen, P., Sinha, B. Purification of Helium from Natural Gas by Pressure Swing Adsorption. // Current Science. 95 (12), 2008, pp. 1684-1691.

19. Дытнерский Ю.И., Брыков. В.П., Каграманов Г.Г. Мембранное разделение газов. // М.: Химия, 1991, С. 344.

20. Николаев H.И. Диффузия в мембранах. // М.: Химия, 1980, С. 232.

21. Noble R.D., Stern S.A.. Membrane Separations Technology - Principles and Applications. // Amsterdam, Elsevier, 1995, p. 738.

22. Baker R.W. Membrane technology and applications. Second edition. //. New York, John Wiley&Sons, 2004, p. 552.

23. Van Der Burg E., Miyagishima N., Itami Y. Spiral wound gas separation membrane module. WIPO Patent Application WO/2015/049499, 2015.

24. Gyu Hong Min, Fufang Zha. Hollow Fiber membrane module. U.S. Patent Application 20140183123, 2014

25. Takashi Monzen, Takahito Hirashima. Hollow-fiber membrane module. U.S. Patent 6623637, 2003.

26. Yoji Kase, Toshimune Yoshinaga, Kenji Fukunaga, Harutoshi Hoshino. Asymmetric hollow-fiber gas separation membrane, gas separation method and gas separation membrane module. U.S. Patent 7803214, 2010.

27. Хванг С.Т., Каммермейер К. Мембранные процессы разделения. Пер. с англ. Е.П. Моргуновой и Ю.И. Дытнерского // М.: Химия, 1981 C. 464.

28. Nicholas P. Wynn. Gas separation membrane module assembly with residue manifold. U.S. Patent 7918921, 2011.

29. Nicholas P. Wynn, Donald A. Fulton. Gas separation membrane module assembly. U.S. Patent 7510594, 2009.

**Сравнение энергозатрат двух типов сублимационной сушки при получении материалов с высокой пористостью**

**Диденко Александр Алексеевич,** кандидат технических наук

Начальник участка лиофилизации, ООО "НПО Петровакс Фарм", 115598, Москва, Загорьевская улица, 10, корп. 4.

E\_mail: [DidenkoAA@petrovax.ru](mailto:DidenkoAA@petrovax.ru)

**Сомов Тимофей Николаевич**

Аспирант, РХТУ, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, 125480

E\_mail: timofeysomov@gmail.com

Меньшутина Наталья Васильевна, д.т.н., профессор

Директор Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических и биотехнологий, РХТУ, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, 125480.

E\_mail: [chemcom@muctr.ru](mailto:chemcom@muctr.ru)

Тел.: +74954950029

***Ключевые слова:*** *вакуумная сублимационная сушка, атмосферная сублимационная сушка, энергозатраты, пористость.*

В ходе данной работы было проведено исследование влияния двух способов сублимационной сушки на пористость материала, которое проводилось в вакуумной сублимационной сушилке (ВСС) и атмосферной сублимационной сушилке (АСС). Оба способа различаются подвижностью материала внутри сушилки и методом подвода энергии к материалу. ВСС представляет собой классическую полочную сушилку, где материал в процессе сушки находится в неподвижном состоянии. АСС работает при атмосферном давлении, где материал сушится потоком холодного воздуха находясь в псевдоожиженном слое. В качестве материалов были использованы декстран и маннитол. Для обоих способов сушки были рассчитаны энергетические затраты на проведение процесса и проведено сравнение.

**Библиография**

1. J. Jeff Schwegman Basic Cycle Development Techniques for Lyophilized Products // SP Scientific, 2009.
2. Семёнов Г.В. Вакуумная сублимационная сушка. // М.: Дели плюс, 2013.
3. Yu. D. Tretyakov, N. N. Oleinikov, O .A. Shlyakhtin Сryochemical Technology of Advanced Materials // London: Chapman&Hall, 1997.
4. P.N. Ezhilarasia, D. Indranib, B.S. Jenac, C. Anandharamakrishnana Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality// Journal of Food Engineering. V 117, I 4, 2013, P 513–520.
5. M. Mumenthaler, H. Leuenberger Atmospheric spray-freeze drying: a suitable alternative in freeze-drying technology // International Journal of Pharmaceutics. V 72, I 2, 1991, P 97–110.