

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

*Посвящается 80-летию со дня рождения
академика В. А. Лескова*

ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

**Научно-практическая конференция и школа молодых ученых
и студентов**

Москва 19 – 21 апреля 2016

**Материалы конференции
Часть 2**

**Ядерные технологии и устойчивое развитие
Зеленая химия для устойчивого развития**

**Москва
2016**

УДК 504.06:66(075)
ББК 65.9(2)248
О-23

О-23 **Образование и наука для устойчивого развития.** Научно-практическая конференция и школа молодых ученых и студентов: материалы конференции: в 3 ч. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016.

ISBN 978-5-7237-1018-4

Ч. 2. Ядерные технологии и устойчивое развитие. Зеленая химия для устойчивого развития. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 104 с.
ISBN 978-5-7237-1385-7

В сборник вошли материалы докладов по актуальным проблемам образования и устойчивого развития, представленные 19 – 21 апреля 2016 года на Научно-практической конференции и школе молодых ученых и студентов «Образование и наука для устойчивого развития» посвященной 80-летию со дня рождения академика В. А. Лёгасова в рамках секции «Рациональное природопользование для устойчивого развития»

Сборник представляет интерес для научных сотрудников, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

УДК 504.06:66(075)
ББК 65.9(2)248

Научное издание **Образование и наука для устойчивого развития** Материалы конференции

Ч. 2. Ядерные технологии и устойчивое развитие.

Зеленая химия для устойчивого развития

Текст репродуцирован с оригинала авторов
Компьютерная верстка: И.Л. Расунова, В.А. Костягина, А.А. Додонова
Подписано в печать 11.04.2016. Формат 60х4 1/16
Усл. печ. л. 6,05. Тираж 100 экз.

Заказ № 46

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева.
Издательский центр.
Адрес университета и издательского центра
125047 Москва, Митусская пл., 9.

ISBN 978-5-7237-1385-7 (Ч.2)
ISBN 978-5-7237-1018-4

© Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция **Ядерные технологии и устойчивое развитие**

ДЕПРОТИЗАЦИЯ ТЯЖЕЛОДОДНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ФГУП «ПО «МАЯК» МЕТОДОМ РЕКТИФИКАЦИИ ВОДЫ ПОД ВАКУУМОМ	
Магомедов Э.П., Бегкин Д.Ю., Расунова И.Л., Селиваненко И.Л.	6
ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧЕРНОВЫБСКОЙ КАТАСТРОФЫ	
ГЛАВАМИ ОЧЕВИДЦА	
Гальперин Г.Б.	10
ПРЯМОЕ РАДИАЦИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ	
ЭНЕРГИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ	
Ревина А.А., Павлов Ю.С.	13
ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ ЭКСТРАГЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ	
ТЕТРАОКТИЛДИЛТИКОЛЬАМИДА И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СОРЕДИОННЫХ	
СВОЙСТВ НА ПРИМЕРЕ ЛАНТАНА	
Захарченко Е.А., Захарова А.А., Тюпина Е.А.	17
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ПОР ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ НА СОРЕДИОННУЮ	
СПОСОБНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПО ОТНОШЕНИЮ К	
МЕТИЛПОДИЛУ	
Бомчук А.Ю., Обручников А.В., Меркушкин А.О.	21
РЕКТИФИКАЦИЯ ВОДЫ ПОД ВАКУУМОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ	
ТЕПЛООВОГО НАСОСА	
Разумовский Г.Н., Селиваненко И.Л., Чеботов А.Ю.	25
ХИМИЯ ТВЕРДОФАЗНОЙ КОНВЕРСИИ ОКСИДА ЦЕРИЯ(IV) В ПЕРОКСИД	
ЦЕРИЯ(IV) В КАРБОНАТНЫХ РАСТВОРАХ	
Чурбанов С.Н., Бояринцев А.В., Степанов С.И.	29
ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ	
НАНОЧАСТИЦ Fe, Ni И БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Fe/Ni НАНОРАЗМЕРНЫХ	
ЧАСТИЦ	
Скрипкин К.С., Ранабхат Киран, Касаткин В.Э., Ревина А.А.	33
МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА	
В РЕАКЦИИ ОРТО-ПАРА КОНВЕРСИИ ПРОТИВ	
Олинов А.А., Ефлюкименко Н.Д., Боева О.А., Шепелева М.С.	37
ХИМИЯ РАСТВОРЕНИЯ ОКСИДА ЦЕРИЯ(IV) В КАРБОНАТНЫХ И	
ПЕРОКСИДНО-КАРБОНАТНЫХ РАСТВОРАХ	
Чурбанов С.Н., Бояринцев А.В., Степанов С.И.	41
КИНЕТИКА ТВЕРДОФАЗНОЙ КОНВЕРСИИ ОКСИДА ЦЕРИЯ(IV)	
В ПЕРОКСИД ЦЕРИЯ(IV)	
Чурбанов С.Н., Бояринцев А.В., Степанов С.И.	45

Таблица 1. Степень извлечения La(III) ТФЭ, полученными при импрегнировании ТОДГА в различных средах
 $3M HNO_3$, $V_{r-20} = 5 \text{ мл}$, $m_{TODGA} = 50 \text{ мг}$, время контакта – 1 час.

Твердофазные экстрагенты	Условия импрегнирования ТОДГА	Степень извлечения, %	Коэффициенты распределения, мл/г
Таунит-ТОДГА	дихлорэтан	85	570
	1M HNO_3	73	264
	3M	89	770
	5M	70	233
ВСПС-ТОДГА	дихлорэтан	90	900
	1M HNO_3	85	545
	3M	93	1233
	5M	89	809

Изучена возможность сорбиционного извлечения лантанидов при непосредственном добавлении ТОДГА и носителя в азотнокислый раствор. Для этого к 10 мл раствора 3M HNO_3 , содержащего микроколичества лантана, одновременно добавляли ТОДГА (50 мг) и носитель (ВСПС или Таунит, 50 мг). При перемешивании смеси в течение 30-60 мин образуется твердая фаза, а лантан полностью извлекается в образовавшуюся твердую фазу: степень извлечения La(III) за время контакта 30 мин составляет более 95%.

Полученные экспериментальные данные показали перспективность лантана ТОДГА для разработки твердофазных способов извлечения радионуклидов из азотнокислых растворов с использованием различных твердых носителей.

Список литературы:

1. Моходрова О.Б., Мисодрова Г.В., Захарченко Е.А. Твердофазные экстрагенты для концентрирования и разделения радионуклидов. Новые возможности // Радиохимия. 2011. Т. 53. № 1. С.34-41.
2. S.A. Ansari, P.Patlak, P.K.Mohapatra, V.K. Manchanda. Chemistry of Diglycolamides: Promising Extractants for Actinide Partitioning. Chemical Reviews 2012. Vol.112, P. 1751-1772.

3. S.A. Ansari, P.N. Patlak, V.K. Manchanda, M. Husain, A.K. Prasad, V.S. Patmar. N, N, N', N' – Tetraoctyl Diglycolamide (TODGA): A Promising Extractant for Actinide Partitioning from High-Level Waste (HLW). /Soliv. Extr. Ion Exch., 2005, 23 (4), pp. 463 – 479.

4. Е. А. Захарченко, Д. А. Маликов, Н. П. Молочникова, Г. В. Мисодрова, Ю. М. Кулико. Сорбиционное выделение U(VI), Pu(IV), Am(III) из азотнокислых растворов твердофазными экстрагентами на основе углеродных нанотрубок Таунит и полистирольных носителей.// Радиохимия, 2014, т. 56, N 1, с. 26–29.

5. С.Б. Саввин. Органические реагенты группы Арсеназо III. М., Атомиздат, 1971, 352 с.

УДК 621. 039. 7

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ПОР ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ НА СОРБИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННОГО

МАТЕРИАЛА ПО ОТНОШЕНИЮ К МЕТИЛИОДИДУ

Бомчук Анастасия Юрьевна¹, Обручиков Александр Валерьевич², Меркушкин Алексей Олегович³

¹ студентка V курса, РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

² канд. тех. наук, доцент кафедры химии высоких энергий и радиохимии, РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва, E-mail: alexovich@mail.ru

³ канд. хим. наук, ст. науч. сотр. кафедры химии высоких энергий и радиохимии, РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

АБСТРАКТ

Sorptive capacity of the composite material with respect to the radioactive methyl iodide was estimated according to the pore size of the polyurethane matrix. Comparative hydraulic tests of the received sorbents were also carried out.

Ключевые слова: газочистка; сорбция иода; сорбция иодистого метила; иод-131; иодные сорбенты.

Keywords: gas purification; sorption of iodine; sorption of methyl iodide; iodine-131; iodine sorbents.

В настоящее время актуальным является поиск новых сорбентов способных эффективно удалять радиоид из воздуха рабочих помещений АЭС и лишенных основных недостатков гранулированных активированных углей, применяемых в промышленных иодных адсорберах. Перспективными могут оказаться композиционные сорбенты, полученные нанесением слоев частиц активированного угля на пористую инертную матрицу с низкими гидравлическим сопротивлением.

Такие ключевые характеристики данного композиционного материала, важные с позиции его эксплуатации в промышленных адсорберах, как гидравлическое сопротивление и сорбционная способность будут зависеть от пористости полимерной матрицы и гранулометрического состава порошка, нанесённого на её поверхность.

Задача настоящей работы заключалась в изучении зависимости индекса сорбционной способности α и гидравлического сопротивления композиционного сорбента от размеров пор пенополиуретановой матрицы при фиксированном гранулометрическом составе наносимого на её поверхность порошка активированного угля.

Получаемый композиционный сорбент (табл. 1) представлял собой инертную пористую матрицу из пенополиуретана (ППУ) с нанесённым на неё слоем сорбирующего вещества – порошка активированного угля (АУ, фр. 100-160 мкм), импрегнированного 5%_{мас.} триэтилendимина (ТЭДА). Клеевая основа – водная дисперсия поливинилпирролитона.

Содержание активированного угля фракции 100-160 мкм в сорбенте с уменьшением размера пор проходит через максимум (для марки пенополиуретана Р60). Увеличение содержания активированного угля на начальном этапе объясняется ростом внутренней поверхности матрицы. Дальнейшее снижение доли активированного угля в сорбенте обусловлено тем, что по мере приближения среднего размера частиц к размеру пор матрицы, количество частиц, проникающее в поры, снижается.

Таблица 1. Некоторые характеристики полученных сорбентов

Марка пенополиуретана	Средний размер пор	Доля свободного объёма	Содержание активированного угля + ТЭДА в сорбенте
R20	1,27 мм	0,913	44%
R45	0,56 мм	0,825	64%
R60	0,42 мм	0,791	69%
R80	0,32 мм	0,827	63%

Экспериментальную проверку сорбционной способности образцов сорбентов проводили на контрольно-исследовательском стенде, созданном в РХТУ им. Д.И. Менделеева [1, с. 9], в соответствии с ГОСТ Р 54443-2011 [2]. Важно отметить, что существует некое минимальное значение индекса сорбционной способности, при котором сорбент может считаться пригодным для использования. Эти значения могут быть вычислены, исходя из рекомендаций МАГАТЭ [3, с. 122], в которых указано, что содержание радиоактивного метилодида в газообразных радиоактивных отходах должно быть снижено не менее, чем в 100 раз. Для сопоставления качества сорбентов различной природы, характеризующихся разной долей свободного объёма целесообразно, очевидно, использовать отношение $\alpha/\alpha_{\text{нтр}}$, рассчитанное для каждого сорбента.

Для сравнения был также проведён эксперимент по измерению индекса сорбционной способности образца промышленного сорбента (гранулированный активированный уголь, импрегнированный 4% ТЭДА). Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытания сорбентов

Сорбент	α , с ⁻¹	$\alpha/\alpha_{\text{нтр}}$
R20+АУ	6,93	1,01
R45+АУ	17,26	2,28
R60+АУ	23,76	3,01
R80+АУ	20,88	2,76
СКТ-3И 4% ТЭДА	48,7	2,18

Отношение $\alpha/\alpha_{\min}$ для всех полученных сорбентов, превышающее единицу, говорит об их потенциальной пригодности для улавливания радиоактивного метилоксида в газовых выбросах АЭС. Сравнительные отношения $\alpha/\alpha_{\min}$ для полученных нами композиционных сорбентов промышленного образца иодного сорбента показали, что композиционные сорбенты, полученные на основе марок пенополиуретана R45, R60 и R8 превосходят промышленный образец по данному критерию. Время контакта газового потока с сорбентом для СКТ-3И составляет 0,23 с, тогда как для полученных нами композиционных сорбентов эта величина в несколько раз выше (от 0,96 до 1,08 с). Это позволяет более эффективно улавливать иодистый метил из газового потока при меньшем количестве сорбирующего вещества в колонке.

Важной эксплуатационной характеристикой сорбента является его гидравлическое сопротивление. Чем оно выше, тем выше энергозатраты на прокачивание через адсорбер очищаемого воздуха с требуемой производительностью. Ясно, что оба важных параметра – гидравлическое сопротивление сорбента и его индекс сорбционной способности – зависят как от размера частиц порошка, так и от размера пор полимерной матрицы, причём зависимости эти противоположны. Перепад давления на колонке с сорбентом, полученном на основе пенополиуретана марки R45 существенно ниже, чем на колонке, заполненной гранулированным углём СКТ-3 (табл. 3). В то же время соотношение $\alpha/\alpha_{\min}$ для этого сорбента выше, чем для гранулированного СКТ-3.

Таблица 3. Сравнение гидравлического сопротивления полученных сорбентов

Материал	R20+AY	R45+AY	R60+AY	R80+AY	СКТ-3И, 4% ТЭДА
Перепад давления на колонке (Па) при скорости газового потока 12,7 см/с	205	270	550	570	365

Таким образом, для порошка активированного угля с размерами частиц 100-160 мкм оптимальным будет использование для получения композиционного сорбента пенополиуретана R45. Очевидно, что для порошка другого гранулометрического состава оптимальным может оказаться пенополиуретан другой марки.

Список литературы:

1. Обручиков А.В., Широков В.В., Растунов Д.Н. Создание контрольно-исследовательского йодного стенда // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр., Том XXII, №8 (88), 2008. С. 9-11.
2. ГОСТ Р 54443-2011 Сорбенты иодные для атомных электростанций. Метод определения индекса сорбционной способности. 21 с.
3. Testing and Monitoring of Off-gas Cleanup Systems at Nuclear Facilities. Technical Reports Series No. 243, IAEA, Vienna. 1984. 547 p.

УДК 66.012.37

РЕКТИФИКАЦИЯ ВОДЫ ПОД ВАКУУМОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Разумовский Григорий Николаевич¹, Селиваненко Игорь Львович², Чеботов Александр Юрьевич³

¹ аспирант кафедры технологии изотопов и водородной энергетики РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва, E-mail: RGN91@yandex.ru

² к.т.н., ведущий научный сотрудник кафедры технологии изотопов и водородной энергетики РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва, E-mail: selivanenko@mail.ru

³ аспирант кафедры технологии изотопов и водородной энергетики РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва, E-mail: a.n.sobolov@mail.com

АБСТРАКТ

The result of application of freon heat pump unit for vacuum distillation column is presented. It is shown, that total energy consumption is decreased in 2.88 times.

Ключевые слова: ректификация воды, насадочная колонна, тепловой насос, рекуперативная схема, коэффициент преобразования