

Таким образом, применение соснового масла в качестве вспенивателя может значительно интенсифицировать процесс флотации, повысить извлечение хлорида натрия в пенный продукт и снизить расход собирателя в 2,2 раза. Добавление в реагентную смесь парафинов жидких позволяет увеличить извлечение галита в пенный продукт на 2 %.

Литература

1. Баталин, Ю.В. Полигалитовые породы – новое сырье для производства дефицитных сульфатных калийно-магниевых удобрений / Ю.В. Баталин, А.К. Вишняков, Д.Р. Шакирзянова // Разведка и охрана недр. – 2007. – №11. – С. 29–33.

2. Abu-Hamattah, Z.S.H. Carnallite froth flotation optimization and flotation cells efficiency in the Arab Potash Company, Dead Sea, Jordan / Z.S.H. Abu-Hamattah, A. M. Al-Amr // Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. – 2008. – Vol. 29, No. 3. – P. 232–257. <https://doi.org/10.1080/08827500801997894>.

3. Титков, С.Н. Технология и физико-химические особенности флотации водорастворимых минералов / С.Н. Титков // Обогащение руд. – 2002. – № 1. – С. 10–15.

4. Желнин, А.А. Теоретические основы и практика флотации калийных солей / А. А. Желнин. – Л.: Химия, 1973. – 184 с.

5. Глембоцкий, В. А. Флотационные методы обогащения / В. А. Глембоцкий, В. И. Классен – М.: Недра, 1981. – 304 с.

УДК 541.183

Цыганов А.Р.

(БГТУ),

Машерова Н.П., Курило И.И., Панасюгин А.С.

(БНТУ),

Павловский Н.Д.

(ГрГМУ)

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПАРОВ СМЕСЕВЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ АДСОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Развитие промышленных технологий приводит к неуклонному расширению спектра органических соединений, используемых в различных отраслях производства. Одновременно с этим все актуальнее становится задача по охране окружающей среды и предотвращению выбросов этих веществ в атмосферу и способы их нейтрализации.

Как отмечалось в более ранних работах, в реальном производственном процессе практически всегда его суммарные концентрации колеблются в широком пределе, и как следствие, оптимизировать режим работы систем нейтрализации работающих по принципу метода прямого дожигания весьма проблематично.

Ранее показано, что при низких концентрациях органических газовых выбросов рациональнее использовать адсорбционно-каталитический метод, суть которого состоит в концентрации веществ на сорбенте с последующим периодическим беспламенным каталитическим окислением накопленных органических веществ до диоксида углерода и воды. Низкотемпературное осуществление процесса окисления, отсутствие трудоемких стадий регенерации, а также особенности технологического процесса, позволяющие минимизировать образование продуктов неполного сгорания соединений углерода, являются несомненными достоинствами адсорбционно-каталитического метода очистки газовых выбросов [1].

В предыдущих работах приведены результаты исследований по нейтрализации паров фенола, формальдегида, триэтанолamina, производных бензола, предельных углеводородов нормального и циклического строения, пропилен гликолей, ацетатов, одноатомных спиртов [2–6].

Однако, материалы в которых в качестве растворителя используются индивидуальные вещества встречаются достаточно редко, в большинстве случаев применяют смесевые составы.

Целью данной работы являлось изучение процесса нейтрализации паров смесевого растворителя Р646 адсорбционно-каталитическим методом.

Выбор объекта исследований обусловлен тем, что растворитель марки Р646 имеет широкую сферу применения, в частности для разбавления нитроэмалей, нитролаков, шпатлевок общего назначения и др.

Для решения поставленной задачи в качестве сорбента нами выбран синтетический цеолит марки NaX представляющий собой сферические гранулы диаметром 2,5–3,5 мм. В качестве катализатора глубокого окисления использовали пористые материалы с высокоразвитой модифицированной поверхностью на основе пенокерамики состава Al_2O_3/SiO_2 с нанесенной активной каталитической фазой, имеющие на поверхности пенокерамики сформированный буферный слой содержащий 11,1 мас.% $\gamma-Al_2O_3$ и обладающие удельной поверхностью 15,6 м²/г [1].

Схема модельной установки нейтрализации паров органических соединений адсорбционно-каталитическим методом и принцип ее работы детально описаны в работе [2]. Алгоритм работы установки основан на полициклическом принципе:

- цикл адсорбции паров органических соединений на поверхности сорбента;
- цикл термической десорбции паров органических соединений в адсорбционном реакторе;
- цикл глубокого каталитического окисления паров органических веществ.

Для измерения скорости движения газового потока использовали дифференциальный манометр Testo 512 и датчик скорости движения воздуха Testo 425 производства Германии.

Определение концентрации органических веществ осуществлялось с помощью газового хроматографа «Цвет-106», оснащенного пламенно-ионизационным детектором (ПИД).

Полноту каталитического окисления органических соединений оценивали по показателям газоанализатора Dräger MSI 150 EURO, оснащенным датчиками, позволяющими оценить количественное и качественное содержание в составе газовых выбросов CO, CO₂, O₂ и NO_x.

Степень конверсии (S_c) после десорбции газов из сорбционной колонки прохождения через каталитический реактор определяли по формуле:

$$S_c = \frac{C_n - C_k}{C_n} \times 100\%$$

где C_n – концентрация паров загрязняющих веществ на входе в каталитический реактор и C_k – концентрация паров загрязняющих веществ на выходе из каталитического реактора.

Сорбционные характеристики цеолита NaX по отношению к компонентам растворителя Р646 приведены в таблице 1, из которых видно, что компонентный состав представлен различными классами органических веществ (кетоны, спирты нормального строения, производные бензола, эфирами уксусной кислоты и др.) [7,8].

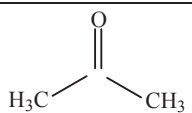
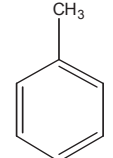
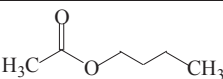
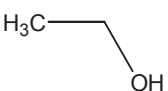
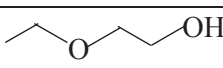

Таблица 1 – Сорбционные характеристики цеолита NaX по отношению к компонентам растворителя Р646

№, п.п.	Адсорбат	Сорбционный объем, V_s ,	
		ммоль/г	мг/г
1.	Ацетон	3,44	199,5
2.	Толуол	2,83	260,3
3.	Бутилацетат	1,04	120,8
4.	Этанол	3,24	149,0
5.	Этилцеллозольв	0,44	39,6
6.	Н-бутанол	1,43	105,8

Данные соединения имеют сильные различия в физико-химических свойствах – химический состав, структурное строение, температура кипения, посадочной площадкой и др. (таблица 2).

На основании вышеприведенных данных можно сделать определенные заключения о том, что на степень адсорбции изученной органической смеси оказывают влияние одновременно несколько факторов. Так, для одноатомных спиртов с увеличением размеров молекул динамическая сорбционная емкость цеолита снижается в пределах от 149 до 106,0 мг/г, или (3,24 до 1,43 ммоль/г).

Таблица 2 – Физико-химические свойства компонентов растворителя Р646

№, п.п.	Адсорбат	Структурная формула	Брутто формула	T _{кип} , °С	Молярная масса, М.	Посадочная площадка ω, нм ²
1.	ацетон		C ₃ H ₆ O	56,1	58,08	0,277
2.	толуол		C ₇ H ₈	110,6	92,14	0,355
3.	бутилацетат		C ₈ H ₁₂ O ₂	126,0	116,16	0,413
4.	этанол		C ₂ H ₆ O	78,3	46,07	0,238
5.	этилцеллозольв		C ₄ H ₁₀ O ₂	135,6	90,12	0,335
6.	н-бутанол		C ₄ H ₁₀ O	117,7	74,12	0,322

Вероятно, в данном случае решающую роль играет как размер посадочной площадки, так и затруднения, возникающие при пространственной ориентации более длинноцепочечных молекул относительно сорбционных центров NaX.

Для производных бензола значение величин сорбционного объема V_S наибольшее влияние оказывает количество метильных групп в составе молекул. Увеличение размеров посадочных площадок соединений сопровождается уменьшением сорбционного объема (V_S), при этом введение в бензольное кольцо очередной метильной группы приводит к более существенному уменьшению сорбционного объема.

Сорбционный объем толуола по отношению к бензолу меньше на 16,27%, сорбционный объем ксилолов по отношению к толуолу уменьшается на 30,07%, а сорбционный объем по мезетилену по сравнению с ксилолами снижается на 62,44 % [7].

Поскольку десорбция паров и процесс каталитического окисления протекают практически одновременно, их нейтрализация происходит в интервале 3–18 минут.

На рисунке 1 отображены результаты, процесса конверсии компонентов смесового растворителя Р646 полученных при анализе газовых проб, которые отбирали с интервалом в 1 минуту, S_c – интегральная кривая суммарной конверсии компонентов паров растворителя Р646; 1 – паров ацетона; 2 – толуола; 3 – н-бутилацетата; 4 – этанола; 5 – этилцеллозольва; 6 – н-бутанола.

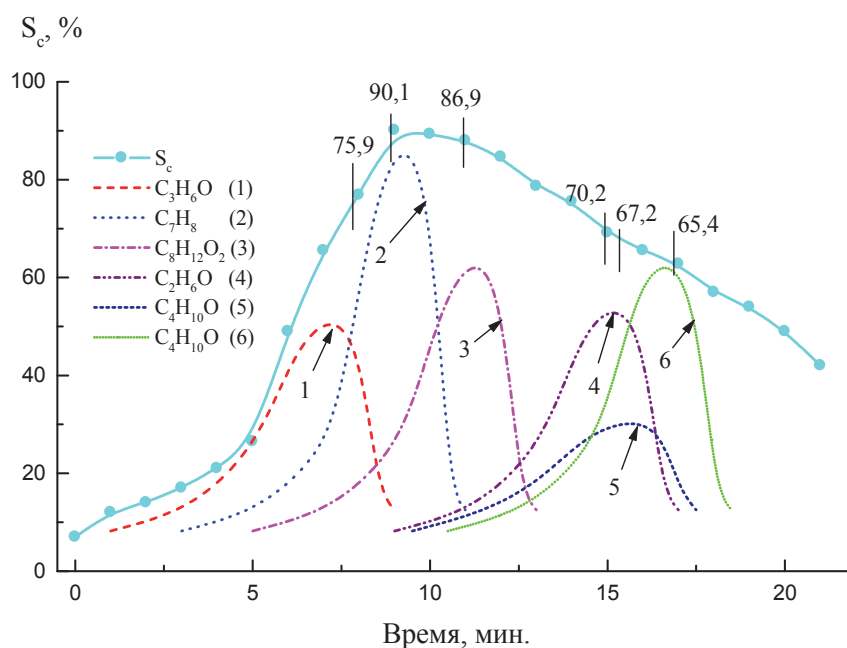


Рисунок 1 – Зависимость степени конверсии паров растворителя Р646 от времени, где (S_c) интегральная кривая суммарной конверсии компонентов паров растворителя Р646;

**1 - паров ацетона; 2 – толуола; 3 – н-бутилацетата;
4 – этанола; 5 – этилцеллозольва; 6 – н-бутанола**

Следует отметить, что степень конверсии составила 65,4–90,1 % несмотря на то, что концентрации, поступающего в каталитический реактор на заключительной стадии термодесорбции, имеют относительно низкие значения. За счет инерционности процесса разогрева в объеме катализатора создается зона высокотемпературного горения, где в автокаталитическом режиме реализуется процесс разложения паров.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено следующее:

- на величину сорбционного объема (V_s) для каждого класса рассмотренных соединений существуют свои лимитирующие параметры:
 - для спиртов длина углеводородного скелета и положение гидроксильной группы;
 - для производных бензола количество метильных групп в составе молекул;
 - для эфиров уксусной кислоты увеличении длины углеводородного радикала на метиленовую группу CH_2 и конформацией углеводородного радикала спирта;
 - для этилцеллозольва определяющее влияние оказывает строение углеродного скелета и положение гидроксильной группы;
- Степень конверсии составляет 65,4–90,1 % не смотря на то, что концентрации, поступающего в каталитический реактор на заключительной стадии термодесорбции, имеют относительно низкие значения. За счет инерционности процесса разогрева в объеме катализатора создается зона высокотемпературного горения, где в автокаталитическом режиме реализуется процесс разложения паров.

Литература

1. Lomonosov V.A., Panasyugin A.S., Smorygo O.L., Mikutskii V.A. et al. Pd/ γ - Al_2O_3 catalysts on cellular supports for VOC vapor neutralization // *Catalysis in Industry*, 2010, Vol. 2, No. 4, pp. 387 – 392
2. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки вентвыбросов формовочных участков литейных цехов от паров фенола и формальдегида // *Литье и металлургия* 2014., № 2, с. 19–25.
3. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки вентвыбросов образующихся при использовании азотсодержащих формовочных смесей // *Литье и металлургия* 2014, №2, с. 26–29.
4. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки выбросов в атмосферу, образующихся при использовании антипригарных покрытий, содержащих этиловый спирт // *Литье и металлургия* 2014, №4, с. 44–46.
5. Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Григорьев С.В. и др./ Обезвреживание паров пропанола и изопропанола адсорбционно-каталитическим методом // *Литье Украины* 2017, № 3, с. 2–5.
6. Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Григорьев С.В. и др./ Обезвреживание паров одноатомных спиртов C_1 - C_5 адсорбционно-каталитическим методом // *Литье Украины* 2017, № 37, с. 2–8.

7. Цыганов А.Р., Панасюгин А.С., Павловский Н.Д., Машерова Н.П./ Обезвреживание паров одноатомных спиртов C₁-C₅ и их изомеров адсорбционно-каталитическим методом// I Международный научно-образовательный форум по нефтехимии (Нефтехимия 2018) 26–30 ноября 2018 г. с. 67–70.

8. Цыганов А.Р., Панасюгин А.С., Павловский Н.Д. и др/ Обезвреживание паров производных бензола адсорбционно-каталитическим методом// Литве Украины, 2019, № 6, с. 2–5.

9. Цыганов А.Р., Панасюгин А.С. Павловский Н.Д. и др/ Обезвреживание паров эфиров уксусной кислоты адсорбционно-каталитическим методом// Литве Украины, 2019, № 10, с. 4–8.

УДК 541.183

Цыганов А.Р.
(БГТУ),
Машерова Н.П., Курило И.И., Панасюгин А.С.
(БНТУ),
Павловский Н.Д.
(ГрГМУ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДСОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ПАРОВ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОЛА

Ароматические углеводороды нашли разнообразное применение в различных отраслях промышленного производства. Так, простейший представитель ароматических углеводородов – бензол используется компонентом самовысыхающих антипригарных красок и покрытий, которые широко используются в технологиях литейного производства [1–6].

Его гомологи – толуол, ксилолы, мезетилен и его изомеры используются как растворители и разбавители. Изучение состава широко применяемых красок, шпатлевок, грунтовок, отвердителей, реактивных добавок показало, что доля ароматических углеводородов в их составе может достигать в отдельных случаях 53% [1].

Целью данной работы являлось проведение исследования процессов адсорбции ароматических углеводородов на цеолите NaX и изучение эффективности нейтрализации их паров адсорбционно-каталитическим методом.

Результаты исследования сорбции бензола и его гомологов представлены в таблице 1.