

**А.Р. АЛЕКСАНИЯ, А. ЭЛИАС, А. БАРОНА, Г. ГАЛАСТЕГИ, Н. РОХО,
Э. ДИАС-ПЕНА, Т.Л. ОГАНИСЯН**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА НА
ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БИОФИЛЬТРАЦИИ ПАРОВ ТОЛУОЛА ИЗ
ГАЗОВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ**

Процесс биологической обработки загрязненного воздуха методом биофильтрации зависит от многих факторов, в том числе от выбора фильтрующих материалов. Производительность биофильтра зависит от свойств и продолжительности жизни фильтрующих материалов. В данном исследовании использовался биофильтр, загруженный фильтрующим материалом природного происхождения (органический материал (свиной навоз и опилки), цеолит и крахмал в качестве связующего вещества). Таким образом, новый фильтрующий материал, использованный в данном исследовании, является альтернативой для биодеградации паров толуола из газовойоздушной смеси и обладает достаточной химической и механической стойкостью.

Ключевые слова: биофильтрация, фильтрующий материал, толуол, загрязнение воздуха.

Введение. Биологическая очистка газовойоздушных потоков – относительно новая технология для очистки загрязненного воздуха от органических примесей и неприятных запахов. Этот метод очистки применяется в основном:

- на станциях по очистке сточных вод;
- на станциях по переработке продуктов питания;
- на биогазовых установках и станциях по переработке газа из органических отходов;
- на скотоводческих фермах;
- в промышленных производственных комплексах.

Биофильтрация имеет ряд преимуществ, таких как экономичность, режим температуры, отсутствие побочных продуктов и отходов. Несмотря на это, необходимы дальнейшие исследования для повышения срока функционирования биофильтров и улучшения технических параметров фильтрующих материалов. Эффективность работы биофильтров зависит от многих биологических, физико-химических и эксплуатационных факторов. Важнейшим элементом системы биофильтрации является фильтрующий материал, который обеспечивает поверхность для инокуляции микроорганизмов. Оптимальный фильтрующий материал должен обладать высокой способностью удержания влаги, пористостью, содержанием питательных веществ для легкой адаптации

биомассы, а также низкой стоимостью и длительным сроком службы, быть механически устойчивым, химически инертным и стабильным [1,2]. Приблизительно на 87% биофильтрах установлены фильтрующие материалы на органической основе, такие как компост, торф, древесина, кора и ореховая скорлупа [3,4]. Тем не менее, основным недостатком органических материалов является то, что они имеют высокую скорость перегнивания, вследствие слипания формируется анаэробная зона и не обеспечивается равномерное прохождение газа через фильтрующий слой, вызывая таким образом падение давления и способствуя необходимости частой замены фильтрующего материала. Для продления срока службы фильтрующего материала очень часто с его органической частью смешивается неорганическая часть. Это обеспечивает легкое прохождение газовой смеси через фильтрующий слой [3]. В качестве неорганического компонента используются перлит, стеклянные шарики, активированный уголь, пенополиуретан и т.д., хотя последние не обеспечивают биомассу необходимыми питательными веществами [5-7]. Другие неорганические материалы, такие как бентонит, цеолит или черный шлак, также были использованы в качестве неорганической части фильтрующих материалов биофильтров, так как они устойчивы к химическим и физическим нагрузкам, а также имеют высокую площадь поверхности [8-11].

Постановка задачи и методика работы. Целью данной работы является использование новых фильтрующих материалов для биофильтрации паров толуола из газовой смеси. Для исследования была использована смесь, состоящая из органических и неорганических материалов. В качестве органического материала использовалась гранулированная смесь из свиного навоза и опилок (Abonlir, SLIR, Испания). Характеристики данного материала ранее описаны в [12]. В качестве неорганического материала применялся природный Армянский цеолит (ЗАО, «Мегрел-Шин», Армения). Соотношение компонентов в фильтрующем материале следующее: смесь из свиного навоза и опилок - 70%, цеолит - 30%, общее содержание воды - 25% и крахмала в качестве связующего - 3%. Получение нового фильтрующего материала описано в [13].

Процесс биофильтрации проводился на лабораторном биофильтре (рис. 1) с объемом 6.9 л (диаметром 15,2 см и высотой 9,5 см) при восходящем потоке газовой смеси. Фильтрующий материал загружался в биореактор смешанным способом (рис.2).

Для инокуляции использовалась аэробная биомасса из аэротанков станции по очистке городских сточных вод в Muskiz (Бискайя, Испания) [12].

Процесс биофильтрации схематически представлен на рис.3.



Рис. 1. Лабораторный био-фильтр



а)



б)

Рис. 2. Биореактор с фильтрующим материалом: а - вид сверху, б- вид спереди

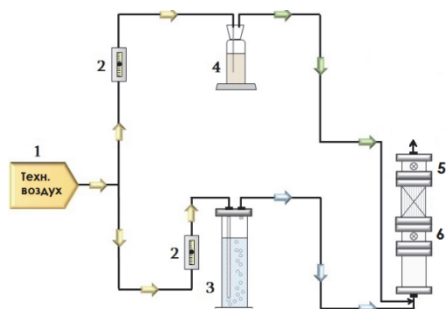


Рис. 3. Схема биофильтрации:
1 - источник технического воздуха,
2 - ротаметр, 3 - емкость для увлажнения воздуха, 4 - емкость для получения паров толуола, 5,6 - точки пробоотбора

Исследования проводились на примере паров толуола в газовой смеси с предельно допустимой концентрацией (ПДК) $0,6 \text{ мг/м}^3$, средняя концентрация в промышленных выбросах $4...1200 \text{ мг/м}^3$ [14]. Из нижней части биофильтра подавалась содержащая пары толуола ($0,2...0,4 \text{ г/м}^3$) увлажненная газоздушная смесь, средний модуль (биореактор) был заполнен фильтрующим материалом, на котором была инокулирована биомасса. Для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов фильтрующий материал каждые 20 дней орошался раствором питательных веществ [12]. Концентрация толуола контролировалась на входе и выходе биореактора. Процесс биофильтрации проводился при комнатной температуре.

Концентрация толуола в газовой смеси на входе и выходе измерялась микрогазохроматографом, оснащенный системой автоматического пробоотбора CP 4900 (газ носитель He, колонки типа CP-Sil 5 CB и CP PoraPLOTQ, TCD detector $90-110^\circ\text{C}$, Varian, Netherlands). Влажность фильтрующего материала измерялась HB43-S Moisture Analyser (Mettler Toledo, Columbus, USA). Падение давления в системе измерялось Testo 312-2 (Testo, Hampshire, UK).

Результаты исследования. Один цикл биофильтрации равен 54 дням. Сорбционная емкость фильтрующего материала без биомассы $0,11 \text{ г/м}^3$. Время удержания газовой смеси в биофильтре 130 с. Период адаптации микроорганизмов к загрязнителю в газовой среде - 32 дня, эффективность

удаления - 54%. На 34-й день намечается повышение эффективности удаления до 77% с дальнейшим повышением. На 54-й день из газовой смеси деструкция паров толуола достигает 100% с образованием H_2O и CO_2 . Повышение концентрации CO_2 в газовой смеси на выходе из биофильтра является доказательством биологических процессов. В течение всего периода эксплуатации биофильтра содержание влаги в фильтрующем материале сохранялось в диапазоне 10...25%. Результаты экспериментов более детально представлены на рис. 4 и 5.

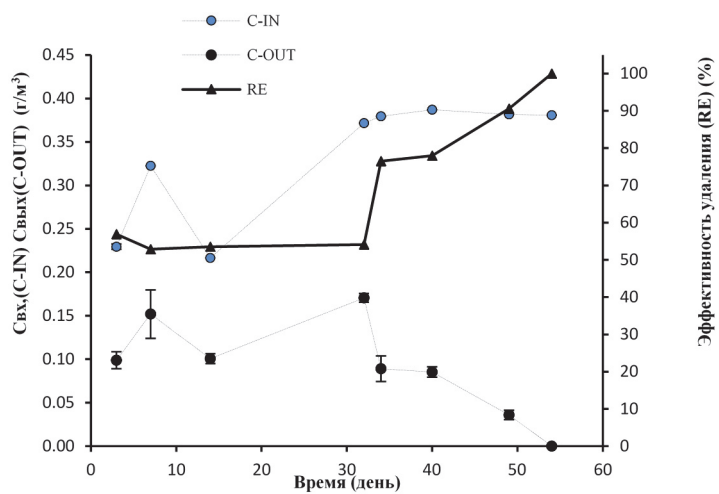


Рис. 4. Изменение концентрации паров толуола в газовой смеси на входе и выходе биофильтра во время процесса биофильтрации

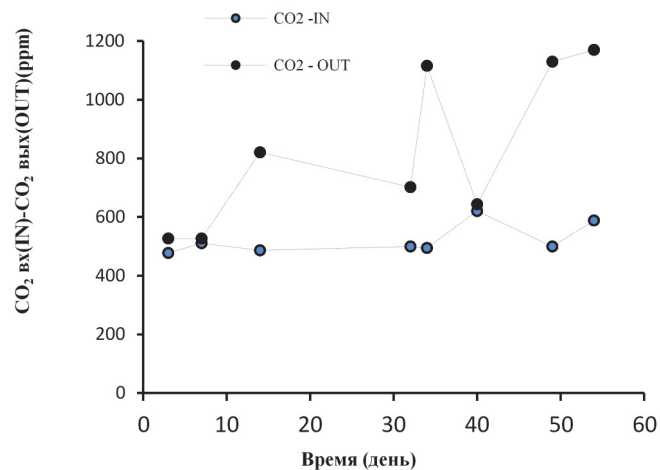


Рис. 5. Изменения CO_2 в газовой смеси на входе и выходе биофильтра во время процесса биофильтрации

Выводы. Исследования показали, что новый фильтрующий материал на основе экологически безопасных материалов (цеолит, свиной навоз, опилки, крахмал) даже при высоких концентрациях ($0,2 \dots 0,4 \text{ г/м}^3$) в газовой смеси на 49-й день процесса обеспечивает снижение концентрации паров толуола до ПДК, а на 54-й день отмечается полное удаление загрязнителя из смеси.

Благодарность. Авторы выражают признательность за поддержку, полученную от проекта BASKIS (программа Erasmus Mundus), а также испанскому правительству (проект СТМ2012-35565) и Университету Страны Басков UPV/EHU (проект GIU 12/07 и проект UFI 11/47).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Evaluation of a Packing Material for Biodegradation of H_2S and Product Analysis / **A. Elías, A. Barona, A. Arreguy, et al** //Process Biochemistry.-2002.- Vol. 37.- P. 813-820.
2. **Akdeniz N., Kevin A.J., Salnikov I.A.** Biofilter performance of pine nuggets and lava rock as media //Bioresource Technology.-2011.-Vol. 102.-P. 4974-4980.
3. **Estrada J. M., Quijano G., Lebrero R., Muñoz R.** Step-feed biofiltration: a low cost alternative configuration for off-gas treatment// Water Research.-2013.-Vol. 47.- P. 4312-4321.
4. **Estrada J.M., Kraakman N.J.R., Muñoz R., Lebrero R.** A comparative analysis of odour treatment technologies in wastewater treatment plants//Environmental Science and Technology.-2012.-Vol. 45.-P. 1100-1106.
5. Toluene and styrene removal from air in biofilters /**M. Zilli, E. Palazzi, L. Sene, A. Converti, et al**// Process Biochemistry.-2001.-Vol. 37.-P. 423-429.
6. H_2S and VOCs abatement robustness in biofilters and air diffusion bioreactors: A comparative study / **R. Lebrero, E. Rodríguez, M.J. Martín, et al** //Water Research.-2010.-Vol. 44.- P. 3905-3914.
7. **Zamir M., Halladj R., Sadraei M., Nasernejad B.** Biofiltration of gas-phase hexane and toluene mixture under intermittent loading conditions //Process Safety and Environmental Protection.-2012.-Vol. 90.- P. 326-332.
8. **Kim H., Xie Q., Kim YJ Y.J.** Biofiltration of ammonia gas with sponge cubes coated with mixtures of activated carbon and zeolite// Environmental Technology.-2002.- Vol. 23(8).- P.839-847.
9. **Amaesanaa A., Shin W.S., June C.S.** Biofiltration of gaseous toluene using adsorbent containing polyurethane foam media// Environmental Engineering Research.-2006.-Vol. 11 (1).-P. 1-5.
10. Downstream bioprocessing of CS_2 -polluted emissions: Innovative use of a black slag in mixed biofilters / **N. Rojo, F.X. Prenafeta-Boldú, J. Illa, et al** //Chemical Engineering Science.-2015.-Vol. 131.- P. 304-312.

11. Preliminary Acclimation Strategies for Successful Startup in Conventional Biofilters / **A. Elias, A. Barona, G. Gallastegui, et al** //Journal of the Air & Waste Management Association.-2010.-Vol. 60.- P. 959-967.
12. Role of Thiobacillus thioparus in the biodegradation of carbon disulfide in a biofilter packed with a recycled organic pelletized material / **Prenafeta-Boldú F.X., Rojo N., Gallastegui G., et al** //Biodegradation.-2014.-Vol. 25.-P. 557-568.
13. Alternatives for biofilter bed configuration and co-packing materials / **A. Aleksanyan, G. Gallastegui, N. Rojo, et al**//IRES International Conference, Book of abstract.- St.Petersburg 9th of August.-2016.- P. 47-51.- ISBN 978-93-86083-82-1.
14. Воздействие толуола на организм человека и меры профилактики / **С.В. Витрищак, В.В. Бондаренко, И.И. Изоркина и др.**//Український журнал клінічної та лабораторної медицини.-2013.-Том 8, №2.- С.13-16.

**Ա.Ռ. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ, Ա. ԷԼԻԱՍ, Ա.ԲԱՐՈՆԱ, Գ. ԳԱԼԱՍՏԵԴԻ, Ն. ՌՈՒՆՈ,
Է. ԴԻԱՍ-ՊԵՆԱ, Տ.Լ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ**

**ԲՆԱԿԱՆ՝ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ԱՆՕՐԳԱՆԱԿԱՆ, ԲԱՂԱԴԻՐԻՉՆԵՐԻՑ
ԿԱԶՄՎԱԾ ՆՈՐ ՖԻԼՏՐՈՂ ՆՅՈՒԹԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ԳԱԶ-ՕՂԱՅԻՆ
ԽԱՌՆՈՒՐԴԻՑ ՏՈԼՈՒՈԼԻ ԳՈԼՈՐՇԻՆԵՐԻ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ԿԼԱՆՄԱՆ
ՀԱՄԱՐ**

Աղտոտված գազերի կենսաբանական վերամշակման գործընթացը կենսակլանման եղանակով կախված է բազմաթիվ գործոններից: Այդ գործոններից մեկը լցվածքի տեսակի ընտրությունն է: Կենսաֆիլտրի արտադրողականությունը կախված է լցվածքի հատկություններից և դրա կյանքի տևողությունից: Աշխատանքում կիրառվել է կենսաֆիլտր, որտեղ որպես լցվածք օգտագործվել են բնական՝ օրգանական (խոզի գոմաղբ և թեփ), անօրգանական (ցեոլիտ), իսկ որպես կապակցող՝ օսլա: Օգտագործվող նոր նյութը կարող է այլընտրանքային լցվածք հանդիսանալ աղտոտված գազերում տոլուոլի գոլորշիների կենսաբանական քայքայման համար: Այն օժտված է բավարար մեխանիկան ամրությամբ և չի քայքայվում քիմիապես ակտիվ միջավայրում:

Առանցքային բառեր. կենսաֆիլտրում, լցվածք, տոլուոլ, օդի աղտոտում:

A.R. ALEKSANYAN, A. ELÍAS, A. BARONA, G. GALLASTEGUI,
N. ROJO, E. DIAZ-PENA, T.L. HOVHANNISYAN

**APPLYING FILTERING MATERIALS BASED ON NATURAL ORGANIC
AND INORGANIC MATERIALS FOR BIOFILTRATION OF VAPORS OF
TOLUENE FROM GAS AIR STREAM**

Biotreatment of polluted air by biofiltration depends on many factors, including the type of the filtering materials. The properties and lifespan of the filtering materials determine the biofilter performance. The novelty of this study is the start-up operation of the biofilter packed with mixed organic/inorganic materials with zeolite, and starch as a binder. Thus, the new filtering materials used in this study provide an alternative for biodegradation of toluene vapors from gases. The filtering material is mechanically and chemically strong enough.

Keywords: biofiltration, filtering material, toluene, air pollution.

ՀՏԴ 666.263.199

**Ա.Հ. ԽԱԶԱՏՐՅԱՆ, Ա.Հ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ, Մ.Զ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ,
Ռ.Ա. ԱՎԵՏՅԱՆ**

**ԴՅՈՒՐԱՀԱԼ ԱՊԱԿԵԿՈՄՊՈԶԻՑԻՈՆ ԲԱՂԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԲԻՍՄՈՒԹ-ԲՈՐԱՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ**

90BiBO₃·10SrB₂O₄ - 80BiBO₃·20CaB₂O₄ համակարգից ընտրված դյուրահալ ապակու հիմքով մշակվել են ապակեկոմպոզիցիոն բաղադրություններ: Ուսումնասիրվել է կերամիկական լցանյութերի ազդեցությունը սինթեզված ապակեկոմպոզիցիոն բաղադրությունների վրա: Հետազոտությունների արդյունքում մշակվել են ապակեկոմպոզիցիոն նյութերի բաղադրություններ, որոնք կարող են կիրառվել որպես զոդանյութեր այլումաօքսիդային կերամիկայի զոդման համար:

Առանցքային բաներ. լցանյութ, ապակեկոմպոզիցիոն նյութեր, այլումաօքսիդային կերամիկա:

Ներածություն: Էլեկտրոնային տեխնիկայի զարգացումը զուգորդվում է տարաբնույթ գործառության նշանակությամբ ապակեզոդիչ և ապակեկոմպոզիցիոն նյութերի ստացման ինտենսիվ հետազոտություններով: Ապակեզոդիչ և ապակեկոմպոզիցիոն հիմնական նյութերը մշակվել են դեռևս նախորդ հարյուրամյակի 60-80 թվականներին՝ PbO-B₂O₃ համակարգի ցածր ջերմաստիճանային էվտեկտիկայի հիմքով: Ապակեկոմպոզիցիոն նյութերի հիմք հանդիսացող դյուրահալ ապակին պետք է ունենա հետևյալ ֆիզիկաքիմիական հատկությունները [1,2].