

УДК 66.098+62-784.43.

Д.Б. Джусупова

Казахский национальный педагогический университет имени Абая,
Республика Казахстан г. Алматы

**Консорциум штаммов *pseudomonas-bacillus*
для очистки газовоздушных выбросов от альфа-метилстирола**

Показано использование консорциума активных штаммов-деструкторов *Pseudomonas-Bacillus* для очистки газовых выбросов от токсичного соединения – альфа-метилстирола, используемого в технологии получения синтетического каучука. Установлено, что эффективность очистки воздуха от альфа-метилстирола в лабораторной модели установки биотенк-биофильтр консорциумом штаммов *P. aeruginosa* 8 и *Bacillus cereus* 3 в соотношении 3:1 составляет 98-99%. Полученные результаты послужили основанием для проведения полупромышленных испытаний по очистке воздуха.

Ключевые слова: биологическая очистка атмосферы, альфа-метилстирол, штаммы-деструкторы, биотенк-биофильтр.

Д.Б. Джусупова

**Газ-ауадағы альфа-метилстирол қалдықтарынан тазартудағы
Pseudomonas bacillus штамдарының консорциумы**

Биотенк-биофильтр қондырғысында альфа-метилстирол бар газды тастандыларды тазалау үшін *Bacillus-Pseudomonas* тектерінің бактериалды дақылдар консорциумының қолданылуы көрсетілген. АМС биологиялық жаман-жұманының тиімділігі әпер- газда *Pseudomonas-Bacillus* штаммының консорциумымен арақатынаста: 1 98-99% жетеді.

Түйін сөздер: атмосфераны биологиялық тазарту, альфа-метилстирол, деструктор штамдар, биотенк-биофильтр.

D. Jussupova

**Consortium strain of *Pseudomonas bacillus*
for the purification of gas-air emissions from alpha-methylstyrene**

The consortium of *Bacillus-Pseudomonas* strains bacterial cultures was used to purify gas emissions containing α -methylstyrene on biotank-biofilter unit. Efficiency of biological treatment hydrocarbon in submitted gas with consortium strains *Pseudomonas-Bacillus* in the ratio 3:1 reaches 98-99%.

Keywords: biological purification of the atmosphere, alpha-methyl styrene, strains-destructors biotank-biofilter.

Влияние деятельности человека на геосистемы растёт с каждым днём и связано в основном с ростом потребления сырья, с одной стороны, и выделением в окружающую среду отходов хозяйственной деятельности – с другой. Все эти отходы сбрасываются в водоёмы, атмосферу, почву. В подавляющем большинстве случаев они являются ядовитыми и искусственно синтезированными.

Проблема борьбы с загрязнением воздушного бассейна в условиях возрастающей техно-

логической деятельности приобретает все большую остроту. В воздушных бассейнах больших промышленных городов присутствуют десятки различных углеводородов, которые загрязняют не только атмосферу, но и почву, воды, угрожая здоровью населения.

Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия нефтеперерабатывающей, химической, пищевой и перерабатывающей промышленности, в выбросах которых часто присутствуют компоненты исходного сырья,

промежуточные и конечные продукты синтеза, представляющие собой органические соединения самых разных классов [1].

Для очистки воздуха используются химические, физические и биологические методы. Биологические методы очистки газовой воздушной выбросов начали применять сравнительно недавно, однако перспективность их использования на практике подтверждается доступностью, дешевизной, эффективностью и экологичностью [2-5]. Также преимуществом биологических методов очистки воздуха является проведение процесса при обычной температуре (10-40°C), нормальном атмосферном давлении и отсутствие необходимости регенерации корпуса установки.

Биологические методы очистки воздуха базируются на способности микроорганизмов разрушать в аэробных условиях широкий спектр веществ и соединений до конечных продуктов, CO₂ и воды.

Биотехнология очистки воздуха от ароматических углеводородов, относящихся к легколетучим органическим соединениям, основана на деструктивной способности специально отобранных высокоактивных микроорганизмов, как правило, иммобилизованных на инертных и устойчивых к разложению носителях. В соответствии с литературными данными иммобилизованные клетки имеют несомненные достоинства, выгодно отличающие их от остальных: дешевизна, универсальность, отсутствие стрессовых воздействий на клетки и простота осуществления [6-8].

Длительное сохранение высокой активности используемых для очистки воздуха микроорганизмов во многом определяется не только подбором наиболее активных микробных культур, но и выбором установок по биологической очистке для создания наиболее оптимальных и подходящих условий для осуществления эффективного процесса биоочистки [9]. Именно это явилось основной целью наших лабораторных исследований, а затем полупромышленных или пилотных испытаний в условиях конкретного производства.

Из литературных данных известно, что биореакторы с биосорбентами являются наиболее перспективными аппаратами для биологической очистки воздуха, так как они характеризуются более высокой удельной производительностью, чем остальные типы установок [9]. Значительно

более высокая производительность биореакторов по сравнению с другими установками биологической очистки воздуха объясняется высокой концентрацией биомассы в рабочем объеме реактора вследствие деятельности биосорбентов – микроорганизмов, иммобилизованных на полимерных и неорганических носителях [9]. Помимо концентрирования биомассы, эти носители выполняют еще одну очень важную функцию – обеспечивают большую площадь поверхности раздела фаз газ – жидкость.

Учитывая вышеизложенное, была предпринята попытка использования активных микроорганизмов – деструкторов для очистки промышленных выбросов от альфа-метилстирола (АМС), являющегося высокотоксичным компонентом производства синтетического каучука, который загрязняет воздушный бассейн, попадая в атмосферу в процессе ряда производственных технологических процессов. Концентрация АМС при этом значительно превосходит предельно допустимую концентрацию, которая установлена для воздушной среды рабочей зоны.

В лабораторных исследованиях была показана способность чистых культур *Pseudomonas aeruginosa* 8 и *Bacillus cereus* 3 использовать АМС в качестве единственного источника углерода. Выбор штаммов родов *Pseudomonas* и *Bacillus* для постановки экспериментов по очистке производственных газовых выбросов был неслучаен, поскольку предыдущие исследования по изучению устойчивости микробной популяции активного ила очистных сооружений АО «Карбид» при воздействии на них АМС показал их доминирование в структуре биоценоза активного ила.

Известно, что микроорганизмы, используемые в промышленных установках, должны удовлетворять набору жестких требований, к которым относится быстрота и полная минерализация загрязнителей, стабильность по отношению к стрессовым факторам, высоким концентрациям токсикантов и посторонней микрофлоре.

Подавляющее число токсичных загрязнителей атмосферы может быть разрушено монокультурами микроорганизмов, но более эффективно применение смешанных культур, имеющих больший каталитический потенциал. Для деструкции трудноразлагаемых соединений в ряде случаев микроорганизмы целесообразно

адаптировать к таким субстратам и только после этого вводить их в действующие установки.

В исследованиях для очистки газозагрязненного воздуха от АМС был использован консорциум вышеуказанных активных штаммов-деструкторов, так как интродукция монокультуры не может полностью решить проблему очистки. Использование ассоциации бактерий *P. aeruginosa* 8 и *Bacillus cereus* 3 дало хорошие результаты при ассимиляции 2-4 г/л АМС в качестве единственного источника углерода и энергии.

В ходе постановки экспериментов был опробован ряд носителей и сделан выбор в пользу волокнистых носителей, обладающих развитой контактной поверхностью и обеспечивающих прочное закрепление клеток путем простой физической адсорбции.

Постановка экспериментов по сорбции клеток ассоциацией бактериальных штаммов показала, что наилучшим носителем являются ерши из стеклоткани, так как волокнистые носители характеризуются большей клеточной нагрузкой, чем гранулированные (цеолит, клиноптилолит). Вероятно, это связано с величиной удельной площади поверхности, которая больше у волокон, чем у гранул.

В наших исследованиях по очистке загрязненного АМС воздуха отработывали на вертикальной закрытой колонной установке биотенк-биофильтр с закрепленными ершами из стеклоткани в биофильтре, орошаемом питательным раствором с необходимым количеством минеральных добавок.

При проведении лабораторных экспериментов была использована модель установки биотенк-биофильтр с сорбированным на ершах из стеклоткани консорциумом бактериальных штаммов *P. aeruginosa* 8 и *Bac. cereus* 3, взятых в отношении 3:1. Очистку осуществляли при температуре 28-30°C, при которой отмечена наибольшая интенсивность развития микроорганизмов. Сверху подавали питательный раствор для поддержания влажности загрузки на уровне 66-70%.

Для оценки эффективности микробиологической очистки воздуха от АМС на установке определяли количественное содержание в подаваемом и выходящем воздухе хроматографическим методом. Из таблицы видно, что при данном соотношении бактерий эффективность очистки от 200 до 400 мг/м³ АМС в подаваемом газе очень высокая и составляет 98-99%.

Таблица 1 - Очистка загрязненного воздуха от АМС в лабораторной модели установки

Тест-культура	Соотношение бактерий на загрузке	Концентрация АМС, мг/м ³		Эффективность очистки от АМС, %
		в подаваемом газе	в выходящем газе	
Консорциум <i>P. aeruginosa</i> 8 и <i>Bac. cereus</i> 3	1:1	200	22,5±1,8	88
		300	42,7±2,4	86
		400	55,6±2,7	86
	2:1	200	9,1±0,6	95
		300	16,5±0,8	94
		400	21,4±1,5	94
	3:1	200	1,9±0,1	99
		300	3,5±0,18	98
		400	4,9±0,3	98
	4:1	200	5,7±0,4	97
		300	9,9±0,8	97
		400	13,8±1,1	96

Как видно из приведенных данных, эффективность биологической очистки АМС в подаваемом газе консорциумом штаммов *Pseudomonas-Bacillus* в соотношении 3:1 достигает 98-99%.

Таким образом, данные, полученные в ре-

зультате лабораторных испытаний по очистке модельных газовых выбросов, содержащих АМС, послужили основанием для проведения полупромышленных испытаний по очистке воздуха в производственном помещении на пилотной установке.

Литература

- 1 Мокрый Е.Н. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей и химической промышленности. - Львов, 1989. - 158 с.
- 2 Жуков В.Г., Хоменков В.Г., Попов В.О. Биофилтры для очистки газозвдушных выбросов от летучих органических соединений // Тезисы докл. Всероссийского симпозиума: «Биотехнология микробов». - М., 2004. - С.33.
- 3 Дунайцев И.А., Азбаров Г.И. Технология биодеструкции ядохимикатов и отравляющих веществ в водной и воздушной среде // Вода, экологич. пробл. и решения. - 2003. - № 3. - С.53-57.
- 4 Brauer H. Biologische abluftreinigungungsverfahren // Chem.Ing.Tech. -1984. - Vol. 56. - № 4. - P. 279-286.
- 5 Ottengraf S.P., Van der Oever A.H. Kinetics of organic compounds removal from waste gases with a biological filter // Biotechnol.Bioeng. - 1983. -Vol. 25. - № 12. - P. 3089-3102.
- 6 Викторова Е.Н., Рязанова Т.В., Федорова О.С. Деструкция нефти нефтеокисляющими микроорганизмами, иммобилизованными на целлюлозосодержащих материалах // Матер. 3 Всерос. конф. «Новые достижения в химии и химии технологии растительного сырья». - Барнаул, 2007. - С. 276-280.
- 7 Слабова О.И., Никитин Д.И. Иммобилизация олиготрофных бактерий на пористых носителях методом сорбции // Микробиология. - 2005. - Т. 74. - № 3. - С. 430-432.
- 8 Kirchner K., Hauk G., Rehm H.J. Exhaust gas purification using immobilised monocultures (biocatalysts) // Appl. Microbiol. Biotechnol. - 1989. - V.26. - № 6. - P. 579-589.
- 9 Джусупова Д.Б. Биотехнология очистки атмосферы от промышленных выбросов // Поиск. - 2002. - № 3. - С. 122-126.

References

- 1 Mokryj E.N. Ohrana okruzhajushhej sredy v neftepererabatyvajushhej i himicheskoy promyshlennosti. - L'vov, 1989. - 158 s.
- 2 Zhukov V.G., Homenkov V.G., Popov V.O. Biofil'try dlja ochistki gazovozdushnyh vybrosov ot letuchih organicheskikh soedinenij // Tezisy dokl. Vserossijskogo simpoziuma: «Biotehnologija mikrobov». - Moskva, 2004. - S.33.
- 3 Dunajcev I.A., Azbarov G.I. Tehnologija biodestrukcii jadohimikatov i otravljajushhih veshhestv v vodnoj i vozdushnoj srede // Voda, jekologich. probl. i reshenija. - 2003. - № 3. - S.53-57.
- 4 Brauer H. Biologische abluftreinigungungsverfahren // Chem.Ing.Tech.-1984. - Vol.56, № 4. - P.279-286.
- 5 Ottengraf S.P., Van der Oever A.H. Kinetics of organic compounds removal from waste gases with a biological filter // Biotechnol.Bioeng. - 1983.-Vol.25, № 12. - P. 3089-3102.
- 6 Viktorova E.N., Rjzanova T.V., Fedorova O.S. Destrukciya nefti nefteokislajushhimi mikroorganizmami, immobilizovannymi na celljulozosoderzhashhih materialah // Mater. 3 Vseros. konf. «Novye dostizhenija v himii i himii tehnologii rastitel'nogo syr'ja». - Barnaul, 2007. - S.276-280.
- 7 Slabova O.I., Nikitin D.I. Immobilizacija oligotrofnyh bakterij na poristyh nositeljah metodom sorbcii // Mikrobiologija. - 2005. - T. 74, № 3. - S. 430-432.
- 8 Kirchner K., Hauk G., Rehm H.J. Exhaust gas purification using immobilised monocultures (biocatalysts) // Appl. Microbiol. Biotechnol. - 1989. - V.26. - № 6. -P. 579-589.
- 9 Dzhusupova D.B. Biotehnologija ochistki atmosfery ot promyshlennyh vybrosov // Poisk. - 2002. - №3. - S.122-126.