

**ПОДБОР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ОТХОДОВ**

© *М.И. Яхкин*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© *К.Р. Таранцева*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**MICROORGANISMS' SELECTION FOR UTILIZATION
OF SOME WASTE KINDS**

© *M.I. Yakhkind*, Penza State Technological University (Penza, Russia)

© *K.R. Tarantseva*, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Настоящий обзор составлен по результатам выборочного поиска в научной литературе и патентах информации о микроорганизмах, специально подобранных для утилизации различных видов отходов. Найдено, что чаще всего подбор микроорганизмов выполняют для деструкции нефти и нефтепродуктов, а также продуктов органического синтеза, однако его также используют и в других случаях. Для этих целей используются разнообразные микроорганизмы, преимущественно бактерии. В целом нельзя установить какие-либо закономерности, для каждого случая микроорганизмы нужно подбирать отдельно. Полученную информацию можно использовать при выборе микроорганизмов для переработки рассмотренных видов отходов.

Ключевые слова: микроорганизмы, отходы, подбор.

This review is compiled on the results of selective search in the scientific literature and patents of the information on the microorganisms expressly selected for utilization of various waste kinds. It is found that more often microorganisms' selection is carried out for destruction of petroleum and petroleum products, and also organic synthesis products, however it is used in other cases too. For these purposes different microorganisms are used, mainly bacteria. Generally it isn't possible to find any regularity, for each case microorganisms should be selected separately. The obtained information can be used when choosing microorganisms for processing of the considered waste kinds.

Key words: microorganisms, waste, selection.

E-mail: yah@mail333.com; krtar@bk.ru

Утилизация отходов и остаточных материалов – проблема, которая стоит перед всеми странами мира, особенно потому, что с течением времени количество отходов имеет тенденцию к увеличению. Решение этой проблемы является жизненно важным.

Для утилизации отходов используют различные методы, которые можно подразделить на биологические, химические и физические. Биологические методы утилизации обычно используют для обработки сточных вод и твердых биологических отходов. Их также применяют для обработки (очистки) почв. Для обработки газов и твердых небиологических отходов чаще используют химические и физические методы.

ПОДБОР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ...

Настоящий обзор составлен по результатам выборочного поиска в научной литературе и патентах, опубликованных в 2010–2013 гг., информации о микроорганизмах, специально подобранных для утилизации различных видов отходов. Цель данной работы – составить представление, для каких отходов необходим подбор микроорганизмов, и какие микроорганизмы для этого используются.

Отходы, для обработки которых используют специально подобранные микроорганизмы

Следует отметить, что обычно при биологической очистке сточных вод используют активный ил, состав которого вообще зависит от обрабатываемых стоков.

Однако для обработки некоторых видов отходов целесообразно использовать специально подобранные штаммы или консорциумы (сообщества) микроорганизмов – когда эффективность активного ила недостаточна, или его вообще нельзя использовать. Нередко такие микроорганизмы выделяют из соответствующих сточных вод и других сред.

Обнаружено использование подобных микроорганизмов для следующих случаев.

1. Нефть и нефтепродукты в сточных водах [1–5] и почве [6–9].
2. Продукты органического синтеза в сточных водах [1, 10–20] и газовых выбросах [21, 22], а также красители в сточных водах [23–29].
3. Промывные воды получения оливкового масла [30–34].
4. Твердые биологические отходы [35–38].
5. Окисление или восстановление неорганических анионов в водных средах – перхлораты в хлориды [39], сульфиды в сульфаты [10, 40], сульфаты в сульфиды с осаждением сульфидов металлов [41, 42], а также диоксида серы в сероводород в газах [43].
6. Выделение (биовыщелачивание) металлов из твердых отходов [44–45].

Микроорганизмы, используемые для обработки указанных выше отходов

1. Для деструкции нефти и нефтепродуктов:
 - бактерии *Rhodococcus erythropolis* [1, 7], грибки *Fusarium* sp. [1] и их консорциум [1];
 - бактерии *Acinetobacter* sp. [2, 3, 8, 9];
 - дрожжи *Candida maltosa*, бактерии *Dietzia maris* и их консорциум [4];
 - аборигенные формы микроорганизмов [5].Ряд микроорганизмов, используемых для этих целей, перечислен в обзоре [6].
2. Для деструкции различных продуктов органического синтеза:
 - бактерии *Bacillus subtilis* [1];
 - бактерии *Pseudomonas putida* [1, 17], *Pseudomonas* sp. [12], *Pseudomonas pseudoalcaligenes* [13] и *Pseudomonas aeruginosa* [17, 18];
 - консорциум бактерий родов *Marinobacter*, *Halomonas* и *Idiomarina* [10];
 - бактерии *Halomonas* sp. [11];

- бактерии *Pseudonocardia dioxanivorans* [14];
- бактерии *Acinetobacter calcoaceticus* [21] и *Achromobacter xylosoxidans* [22];
- бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Kocuria*, *Stenotrophomonas*, *Proteus*, *Staphylococcus* [16];
- дрожжи *Geotrichum* sp. [19];
- аборигенные формы микроорганизмов [20].

Ряд микроорганизмов, используемых для утилизации отходов производства нитроцеллюлозы, приведен в обзоре [15].

Для деструкции красителей:

- бактерии *Shewanella* sp. [23];
- бактерии *Pseudomonas* sp. и *Micrococcus* sp. [24];
- консорциум бактерий *Alcaligenes xylosoxidans* и *Alcaligenes denitrificans* [25];
- грибки *Pleurotus ostreatus* [26], *Phanerochaete chrysosporium* [26, 27];
- дрожжи *Candida tropicalis* [28];
- аборигенные формы микроорганизмов [29].

3. Для обработки промывных вод получения оливкового масла:

- бактерии *Raoultella terrigena* и *Pantoea agglomerans* [30];
- грибки *Pleurotus sajor caju* [31] и *Trametes versicolor* [31, 32];
- дрожжи *Pichia fermentans* и *Candida* sp. [33], *Candida oleophila* [34].

4. Для переработки твердых биологических отходов:

- бактерии *Bacillus cereus* [36];
- грибки родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* и *Neurospora* [37];
- грибки *Trametes versicolor* [38].

Ряд грибов, используемых для утилизации отходов производства пальмового масла, приведен в обзоре [35].

5. Для окисления или восстановления неорганических анионов в водных средах:

- перхлораты в хлориды – консорциум сероокисляющих бактерий [39];
- сульфиды в сульфаты – сероокисляющие бактерии *Thioalkalivibrio* sp. [10, 40];
- сульфаты в сульфиды с осаждением сульфидов металлов – сульфат-восстанавливающие бактерии [41, 42];
- диоксида серы в сероводород в газах – сульфитвосстанавливающие бактерии [43].

6. Для выделения (биовыщелачивания) металлов из твердых отходов:

- железо, медь и некоторые другие металлы – бактерии *Acidithiobacillus* spp. и *Leptospirillum* spp. [44];
- никель – бактерии *Bacillus subtilis* [45].

Заключение

Биологические методы занимают важное место в решении проблемы утилизации отходов, особенно органических. При этом для обработки некоторых видов отходов целесообразно проводить подбор штаммов/сообществ наиболее подходящих микроорганизмов.

ПОДБОР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ...

Найдено, что чаще всего подбор микроорганизмов выполняют для деструкции нефти и нефтепродуктов, а также продуктов органического синтеза, однако его также используют для обработки промывных вод пищевой промышленности (получения оливкового масла) и переработки твердых биологических отходов. Кроме того, подобранные микроорганизмы используют для трансформации неорганических ионов в водных средах и выделения (биовыщелачивания) металлов из твердых отходов.

Для этих целей используются самые разнообразные микроорганизмы, преимущественно бактерии. В целом нельзя установить какие-либо закономерности, для каждого случая микроорганизмы нужно подбирать отдельно.

Полученную информацию можно использовать при выборе микроорганизмов для переработки рассмотренных видов отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов В.Н., Хлесткин Р.Н., Зиновьев А.П. Биологический блок установки комплексной очистки локальных стоков // *Башир. хим. журнал.* – 2011. – Т. 18. – № 2. – С. 116–120.
2. Патент РФ 2391295, 2010. Способ биологической очистки сточных вод от нефтепродуктов.
3. Патент РФ 2456406, 2012. Способ очистки проточных водоемов от нефтяных пленок.
4. Патент РФ 2465218, 2012. Способ биологического обезвреживания жидких углеводородсодержащих отходов и устройство для его осуществления.
5. Европейская заявка 2145702, 2010. *Treatment of drilling waste.*
6. Водянова М.А., Хабарова Е.И., Донерьян Л.Г. Анализ существующих микробиологических препаратов, используемых для биodeградации нефти в почве // *Горн. информ.-аналит. бюлл.* – 2010. – № 7. – С. 253–258.
7. Пыстина Н.Б. Разработка бисорбента на основе углеводородокисляющих микроорганизмов, иммобилизованных на гидрофобизированном торфе / Пыстина Н.Б., Листов Е.Л., Балакирев И.В. [и др.] // *Газ. промышленность.* – 2013. – № 2. – С. 82–85.
8. Патент РФ 2394779, 2010. Способ аэробной обработки осадка сточных вод и активного ила.
9. Патент РФ 2398640, 2010. Способ очистки нефтезагрязненных почв и почвогрунтов.
10. de Graaff M., Bijmans M. F. M., Abbas B., et al. *Biological treatment of refinery spent caustics under halo-alkaline conditions.* // *Bioresour. Technol.* 2011, 102, 7257-7264.
11. Piubeli F., Grossman M.J., Fantinatti-Garboggini F., Durrant L.R. *Enhanced reduction of COD and aromatics in petroleum-produced water using indigenous microorganisms and nutrient addition.* // *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 2012, 68, 78-84.
12. Zhu X., Tian J., Chen L. *Phenol degradation by isolated bacterial strains: kinetics study and application in coking wastewater treatment.* // *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2012, 87, 123-129.

13. Huertas M.J., Sbez L.P., Roldón M.D. et al. Alkaline cyanide degradation by *Pseudomonas pseudoalcaligenes* СЕСТ5344 in a batch reactor. Influence of pH. // *J. Hazard. Mater.* 2010, 179, 72-78.
14. Международная заявка 2012/108438. Method for treating 1,4-dioxane-containing wastewater, and treatment device.
15. Агзамов Р.З. Биологические методы утилизации отходов производства нитроцеллюлозы / Агзамов Р.З., Сироткин А.С., Братилова О.Б. [и др.] // *Вестник Казан. технолог. ун-та.* – 2012. – Т. 15. – № 20. – С. 172–175.
16. Сопрунова О.Б., Утепешева А.А., Нгуен В.Т. Микроорганизмы – деструкторы ПАВ в водных средах // *Вестник Астрахан. ГТУ. Рыбн. хозяйство.* – 2013. – № 1. – С. 83–90.
17. Будник В.А., Абизгильдина Р.Р. Применение бактерий-деструкторов в очистке сточных вод нефтяной промышленности // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение.* – 2012. – Т. 58. – № 10. – С. 32–35.
18. Петров А.А., Салаватова Р.М. Биоочистка сточных вод производства алкилфенолов // *Естеств. техн. науки.* – 2011. – № 6. – С. 144–145.
19. Патент РФ 2453508, 2012. Способ биологической очистки воды от тринитротолуола.
20. Жукова О.В., Морозов Н.В., Хуснетдинова Л.З., Сидоров А.В. Оптимизация процессов очистки нефтесодержащих сточных вод ОАО “Казаньоргсинтез” на струйно-отстойном аппарате аборигенными нефтеокисляющими микроорганизмами. Биodeградация нефтесодержащих природных и сточных вод консорциумом углеводородокисляющих микроорганизмов // *Научное обозрение.* – 2010. – № 1 – С. 11–23.
21. Pandey R.A., Joshi P.R., Mudliar S.N., Deshmukh S.C. Biological treatment of waste gas containing mixture of monochlorobenzene (MCB) and benzene in a bench scale biofilter. // *Bioresour. Technol.* 2010, 101, 5168-5174.
22. Yeom S.H., Daugulis A.J., Nielsen D.R. A strategic approach for the design and operation of two-phase partitioning bioscrubbers for the treatment of volatile organic compounds. // *Biotechnol. Prog.* 2010, 26, 1777-1786.
23. Biala S., Chauhan P., Chadha B.S. et al. Biotransformation of CI Acid Blue 113 and other dyes by *Shewanella* sp. P6. // *Color. Technol.* 2013, 129, 1-8.
24. Senthilkumar S., Basha C.A., Perumalsamy M., Prabhu H.J. Electrochemical oxidation and aerobic biodegradation with isolated bacterial strains for dye wastewater: Combined and integrated approach. // *Electrochim. Acta* 2012, 77, 171-178.
25. Bahmani P., Kalantary R.R., Esrafil A. et al. Evaluation of Fenton oxidation process coupled with biological treatment for the removal of reactive black 5 from aqueous solution. // *J. Environ. Health Sci. Eng.* 2013, 11, 13.
26. Kiran S., Ali S., Asgher M. Degradation and mineralization of azo dye Reactive Blue 222 by sequential photo-Fenton's oxidation followed by aerobic biological treatment using white rot fungi. // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2013, 90, 208-215.
27. Pakshirajan K., Kheria S. Continuous treatment of coloured industry wastewater using immobilized *Phanerochaete chrysosporium* in a rotating biological contactor reactor. // *J. Environ. Manag.* 2012, 101, 118-123.
28. Jafari N., Kasra-Kermanshahi R., Soudi M. R. et al. Degradation of a textile reactive azo dye by a combined biological-photocatalytic process: *Candida tropicalis* Jks2 - TiO₂/Uv. // *Iran. J. Environ. Health Sci. Eng.* 2012, 9, 33.

ПОДБОР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ...

29. Bhawana P., Fulekar M.H. *Bioremediation of dyestuff compounds using indigenous microorganism in a bioreactor. // APCBEE Proc. 2012, 1, 27-33.*
30. Maza-Mbrquez P., Martнnez-Toledo M.V., Gonzбlez-Lypez J. et al. *Biodegradation of olive washing wastewater pollutants by highly efficient phenol-degrading strains selected from adapted bacterial community. // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2013, 82, 192-198.*
31. Duarte K.R., Freitas A.C., Pereira R. et al. *Treatment of olive oil mill wastewater by silica-alginate-fungi biocomposites. // Water Air Soil. Pollut. 2012, 223, 4307-4318.*
32. Cerrone F., Barghini P., Pesciaroli C., Fenice M. *Efficient removal of pollutants from olive washing wastewater in bubble-column bioreactor by Trametes versicolor. // Chemosphere. 2011, 84, 254-259.*
33. Taccari M., Ciani M. *Use of Pichia fermentans and Candida sp. strains for the biological treatment of stored olive mill wastewater. // Biotechnol Lett. 2011, 33, 2385-2390.*
34. Amaral C., Lucas M.S., Sampaio A. et al. *Biodegradation of olive mill wastewaters by a wild isolate of Candida oleophila. // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2012, 68, 45-50.*
35. Mohammad N., Alam M. Z., Kabbashi N, A., Ahsan A. *Effective composting of oil palm industrial waste by filamentous fungi: A review. // Resour. Conserv. Recycl. 2012, 58, 69-78.*
36. Патент РФ 2491264, 2013. *Способ биологической переработки отходов животных.*
37. Machado E. M. S., Rodriguez-Jasso R. M., Teixeira J. A., Mussatto S. I. *Growth of fungal strains on coffee industry residues with removal of polyphenolic compounds. // Biochem. Eng. J. 2012, 60, 87-90.*
38. Rodriguez-Rodriguez C.E., Baryn E., Gago-Ferrero P. et al. *Removal of pharmaceuticals, polybrominated flame retardants and UV-filters from sludge by the fungus Trametes versicolor in bioslurry reactor. // J. Hazard. Mater. 2012, 233-234, 235-243.*
39. Boles A.R., Conneely T., McKeever R. *Performance of a pilot-scale packed bed reactor for perchlorate reduction using a sulfur oxidizing bacterial consortium. // Biotechnol. Bioeng. 2012, 109, 637-646.*
40. de Graaff M., Klok J. B. M., Bijmans M.F. M. et al. *Application of a 2-step process for the biological treatment of sulfidic spent caustics. // Water Res. 2012, 46, 723-730.*
41. Заявка США 2013/180916. *Biological purifier, biological purification system, and biological purification method for untreated waste water.*
42. Хлебникова Т.Д., Хамидуллина И.В. *Перспективы развития биохимической очистки промышленных сточных вод от сульфатов и ионов тяжелых металлов // Башикур. хим. журнал. – 2012. – Т. 19. – № 2. – С. 147–155.*
43. Заявка США 2013/164810. *Sulfide generation via biological reduction of divalent, tetravalent or pentavalent sulfur containing combustion flue gas or liquor.*
44. Vestola E.A., Kuusenaho M.K., Ndrhi, H.M. et al. *Biological treatment of solid waste materials from copper and steel industry. // Materials Challenges and Testing for Supply of Energy and Resources. Bullinghaus T., Lexow J., Kishi T., Kitagawa M., eds. Springer, Berlin – Heidelberg, 2012. 287-296.*
45. Fosso-Kankeu E., Mulaba-Bafubandi A.F., Mamba B.B., Barnard T.G. *Assessing the effectiveness of a biological recovery of nickel from tailing dumps. // Minerals Eng. 2011, 24, 470-472.*