

УДК 502.174:628.473-035.27(045)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ БІОАГЕНТІВ ДЛЯ КОМПОСТУВАННЯ ОПАДУ ЛИСТВИ

**М.В. РЕШЕТНІКОВ, О.Л. МАТВЄЄВА**

Національний авіаційний університет, м. Київ

*Стаття присвячена оцінці ефективності біопрепаратів для компостування, асоціацій бактерій, мікроміцетів.*

**Ключові слова:** *листовий компост, деструктор, опад листви дуба, опад листви берези, опад листви каштана, опад листви липи, опад листви клена, опад листви горіха, біодеструкція, компостування, бактерії, мікроміцети.*

**Вступ.** Відомо, що зелені насадження зменшують негативну дію антропогенних факторів великих міст, виконують функцію фільтрування атмосферного повітря, поглинають і переробляють газоподібні викиди, причому певні види рослин виділяють фітонциди, що покращує санітарно-гігієнічний стан якості життя в умовах великих міст з високим рівнем техногенного навантаження [1, 2]. В осінньо–зимовий період кожного року в м. Києві збирають до 70 тис. кубометрів опад листви, що становить лише 60 % загальної маси усього опад, який утворюється в місті [3]. Дану листву переважно вивозять на звалища твердих побутових відходів, на відміну від минулого часу, коли проводилося спалення на місцях збору. При спалюванні опад листви в повітря виділяється вуглекислий газ, залишки пилу, окиси азоту, чадний газ, важкі метали і низка канцерогенних сполук [4, 5].

Окрім того, дим, що виділився від місць несанкціонованого спалення опалого листя, в погоду з високою вологістю утворює смогоподібний туман, який погіршує видимість на автотранспортних шляхах, підвищує рівень пожежонебезпечності території.

Переробляти опад листви можливо декількома способами: створення паливних брикетів, компостування, переробка в біогаз тощо [1, 4, 6-9]. Але для таких методів утилізації потрібний час, фінансові витрати на технологічне обладнання, персонал. Простішим є метод компостування з подальшим використанням листового компосту для удобрення зелених насаджень. Проте компостування може тривати від одного року до трьох залежно від типу опад листви [1, 2, 10-**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

**Основна частина.** В даній статті проведена порівняльна оцінка інтенсивності деструкції опалого листя при використанні таких біологічних агентів, як біопрепарат «Доктор Робік», мікроміцети, бактерії.

Для пришвидшення компостування листового опад споживачі використовують біопрепарати, які вибирають за ціною, ефективністю та позитивними відгуками. По даним критеріям для експериментальних досліджень нами було вибрано біопрепарат «Доктор Робік» (Україна).

Мікроміцети родів *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* підбиралися за результатами наукових досліджень [12, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], в яких зазначалися біологічні деструктори целюлози, середовища їх існування. В даній роботі вони були виділенні з залишків деревини.

В якості бактеріального деструктора нами використовувалися *B. subtilis*, *E. coli*. Дані мікроорганізми визначаються як умовно патогенні, аналіз патентних даних [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, 15] показав їх достатньо широку застосовуваність в якості компонентів біопрепаратів для компостування.

Для проведення експериментальної частини порівняльної оцінки дії біологічних агентів на опад листви було запропоновано авторську методику 10-бальної системи оцінки інтенсивності деструкції листової пластини (від 1 до 10 балів) (табл. 1) за такими критеріями, як колір, запах, розсипчастість (хрупкість), цілісність:

- *колір* – зміни від натурального до чорного;
- *запах* – зміна від натурального запаху свіжої листви до запаху листового компосту або ґрунту;

- *розсипчастість* – розпадання листових пластини при фізичній дії на масу;
- *цілісність* – характеристика, яка дозволяє визначити зміни площі та форми листа в порівнянні з початковим станом листви.

Таблиця 1

### Оцінка деструкції листової пластини

Бали	Характеристика
<b>Колір листової пластини:</b>	
1	натуральний колір листової пластини
2	потемніння 2 % листової пластини
3	потемніння 5 % листової пластини
4	потемніння 10 % листової пластини
5	потемніння 20 % листової пластини
6	почорніння 40 % листової пластини
7	почорніння 60 % листової пластини
8	почорніння 80 % листової пластини
9	почорніння 95 % листової пластини
10	зміна 100 % кольору пластини листа на колір компосту (чорний)
<b>Цілісність листової пластини:</b>	
1	цілісна листовая пластина
2	відсутність 5 % листової пластини
3	відсутність 10 % листової пластини
4	відсутність 15 % листової пластини
5	відсутність 20 % листової пластини
6	відсутність 40 % листової пластини
7	відсутність 60 % листової пластини
8	відсутність 80 % листової пластини
9	95 % зміна площі пластини листа
10	100 % перетворення листової пластини на сипучу масу

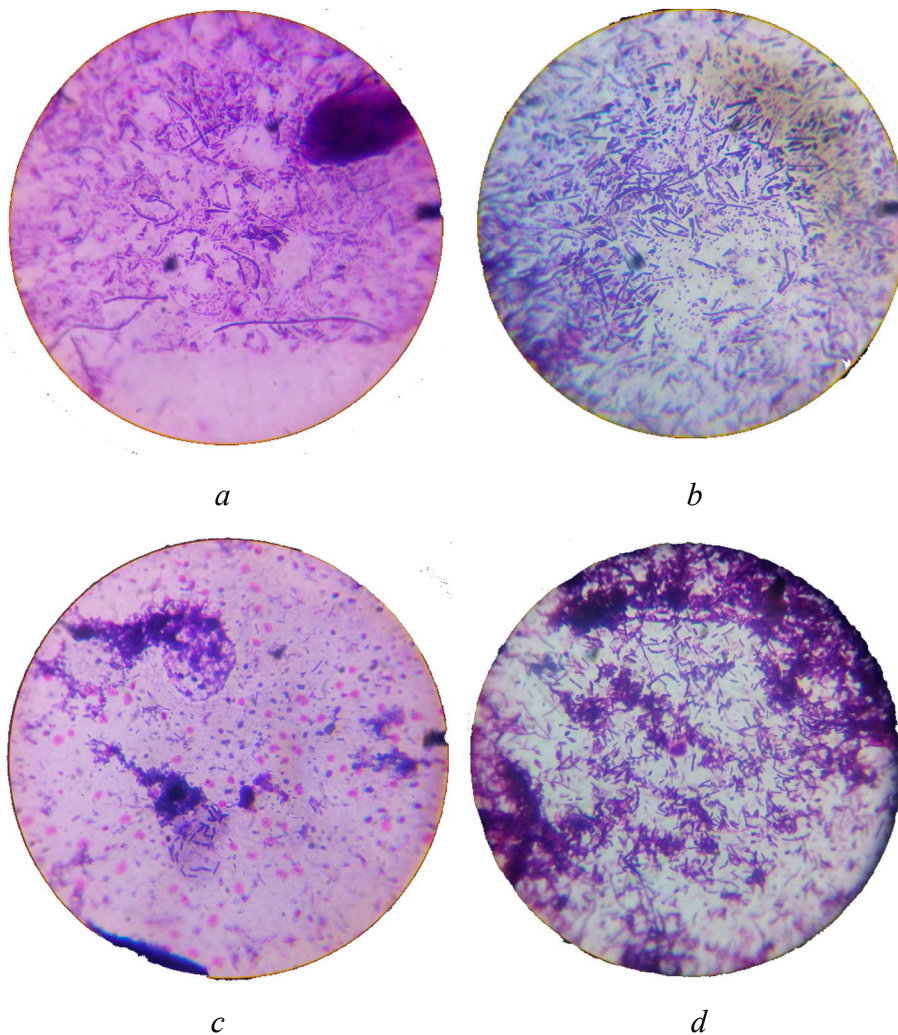
Проведена ідентифікація мікроорганізмів [17-20] в досліджуваних зразках листового компосту з внесеними біологічними агентами (на середовищі м'ясо-пептонного агару та середовищі Чапека) дозволили отримати такі результати:

- в зразку компосту виявлені бактерії в формі довгих ниткоподібних клітини, ланцюжків стрептобацил, короткі паличкоподібні клітини, присутні спорові форми (рис. 1. а);

- на мікропрепараті з внесеним препаратом «Доктор Робік» виявлені довгі грубі бактеріальні клітини (рис. 1. *b*), присутні тонкі короткі палички, видима велика кількість спорових форм;

- в листовому компості з мікроміцетами присутні (рис. 1. *c*) тонкі короткі клітини, наявні тонкі грам позитивні диплобактерії, видимі капсули біля клітин, спорові форми відсутні;

- в контрольному зразку (рис. 1. *d*) на мікропрепараті переважають паличкові форми, більшість клітин – тонкі одиночні палички, присутні диплобактерії, наявні спорові форми.



**Рис. 1. Скринінг зразків опаду листви: *a* – бактерії *E. coli*, *B. subtilis*, *b* – препарат «Доктор Робік», *c* – мікроміцети *Aspergillus*, *Penicillium*, *d* – контрольний зразок**

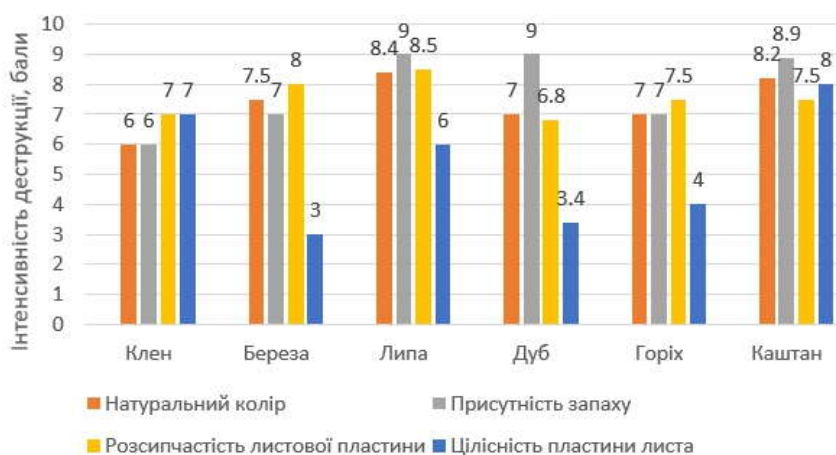
### **Біодеструкція опадів листви препаратом «Доктор Робік».**

Біодеструкція опадів листви, проводилася впродовж двох місяців, результати зображені на рис. 2. Компостування проводили в температурних режимах від 10 до 24 °С. В період компостування відбулися зміни в кольорі листових пластин, структурі, цілісності, запаху листви. Порівняльна оцінка біологічних агентів проводилася за 10 – ти бальною методикою (див. табл. 1).



**Рис 2. Деструкція опадів листви біопрепаратом «Доктор Робік»**

Зведені результати багатофакторної оцінки деструкції різного виду опалого листя наведені на рис 3.



**Рис 3. Інтенсивність біодеструкції опадів листви при застосуванні препарату «Доктор Робік»**

Визначено, що найкраща деструкція за ознакою «розсипчастість листової пластини» у опаді листви липи. Цілісність листової пластини краща у опаді каштана, на відміну від опаді берези.

**Біодеструкція опаді листви мікроміцетами *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*** Результати дослідження наведені на (рис. 4, 5). Можемо відзначити візуально помітну зміну кольору опаді листви. Більша частина досліджуваного листа почорніла або частково змінила свій початковий колір.



**Рис 4.** Деструкція мікроміцетами *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*

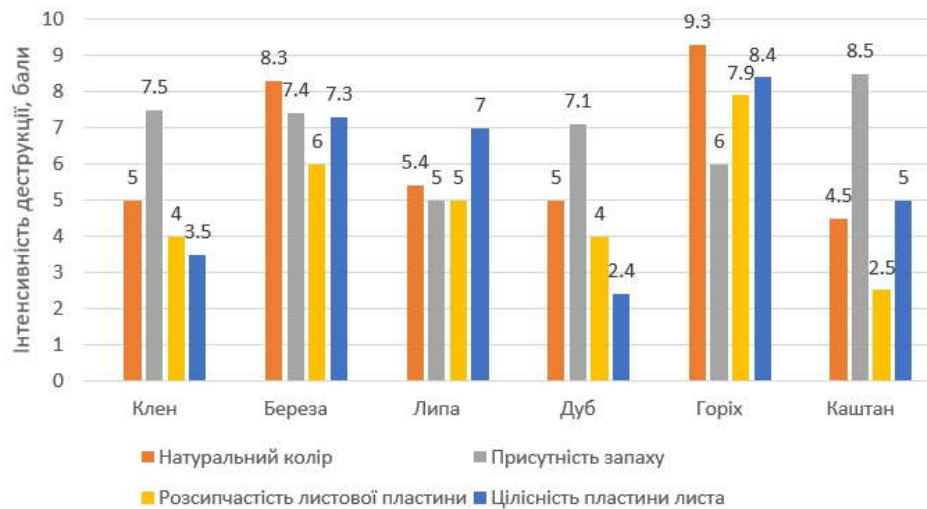


**Рис 5.** Інтенсивність біодеструкції опаді листви мікроміцетами *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*

Визначено, що найкраща деструкція за ознакою розсипчастості листової пластини притаманна для опадання листви берези та горіха. Цілісність листової пластини краща у опаданні горіха, на відміну від опадання липи.

### ***Біодеструкція опадання листви з бактеріями *E. coli*, *B. subtilis*.***

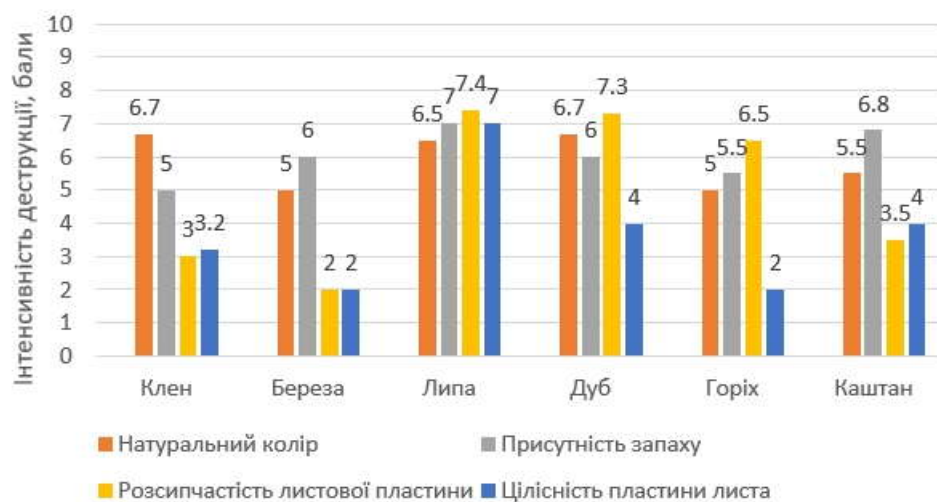
На рис. 6 наведені результати деструкції досліджуваних зразків за два місяці компостування.



**Рис 6. Інтенсивність біодеструкції опадання листви при застосуванні бактерій *E. coli*, *B. subtilis*.**

Аналіз даних показав, що найкраща біодеструкція за ознакою розсипчастості листової пластини у опаданні листви горіха. Цілісність листової пластини краща у опаданні горіха, на відміну від опадання листа клена.

Визначення біологічної деструкції контрольного зразка показало, що природна деструкція більш інтенсивна для опадання листа дуба та горіха, на відміну від деструкції опадання берези та каштану.



**Рис 7. Інтенсивність біодеструкції опадів листви в контрольному зразку**

*Загальні результати біодеструкції опадів листви.* Узагальнені результати ефективності біодеструкції опадів листви наведені в табл. 2. Згідно методики оцінки (див. табл. 1) підсумкова ефективність біорозкладу листової пластини складається із суми балів за обраними нами критеріями на початку дослідження: колір, запах, розсипчастості (хрупкість), цілісність.

*Таблиця 2*

**Сумарна ефективність біодеструкції опадів листви(бали)**

Листва / Агенти	Горіх	Береза	Клен	Каштан	Липа	Дуб	Загальні бали
Препарат «Доктор Робік»	25.5	25.5	26	32.6	31.9	26.2	168
Бактерії <i>E. coli</i> , <i>B. subtilis</i>	31.6	29	20	21.5	22.4	18.5	143
Мікроміцети <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i>	24.9	28.2	18	26.5	20.5	21.2	139
Контроль	19	15	27.9	20.8	27.9	24	124

Таким чином, узагальнюючи результати проведених досліджень, можна зазначити, що:



- препарат «Доктор Робік» найкраще діє на опад листви дерев – каштана, липи, дуба. Найгірший ефект біодеструкції листа горіха та берези;
- мікроміцети *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* найкраще діють на опад листви берези та каштана, найгірше – на опад клена;
- композиції бактерій *E. coli*, *B. subtilis* найкраще діють на опад листви дерев горіха та берези, найгірший ефект біодеструкції спостерігався для опаду листви дуба;
- природна біодеструкція (контрольний зразок) ефективна для опаду листви клена, не ефективна для опаду каштана та берези.

## ВИСНОВКИ

В роботі показана актуальність утилізації опаду листви із застосуванням біотехнологій.

Проведений порівняльний аналіз біодеструкції опаду листви промисловим препаратом для компостування «Доктор Робік» (Україна), композиціями бактерій *B. subtilis*, *E. coli*, мікроміцетами *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* в порівнянні з контрольним зразком показав, що препарат «Доктор Робік» найбільш ефективний для біорозкладу опаду листви каштана, липи, дуба.

Скринінг досліджуваних зразків опаду листви виявив присутність спорових форм, паличко- та ниткоподібних форм бактерій.

В статті застосовується розроблена авторами методика оцінки біорозкладу опаду листви, яка базується на 10 бальній системі за критеріями: запах, колір, розсипчастість, цілісність досліджуваного об'єкту.

Показано, що в цілому, препарат для компостування «Доктор Робік» сприяє проходженню більш інтенсивної біодеструкції опаду листви у порівнянні з досліджуваними композиціями бактерій та мікроміцетів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Програма утилізації рослинних відходів у м. Києві на 2007-2010 роки  
URL: [http://www.uazakon.com/documents/date\\_60/pg\\_gcntsr.htm](http://www.uazakon.com/documents/date_60/pg_gcntsr.htm)

2. Попик О. В. еколого-економічні аспекти поводження з опалим листям на урбанізованих територіях / О. В. Попик. // Економічні інновації. – 2014. – №58. – С. 266–271.
3. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Ч. 1. Відходи сільського господарства та деревна біомаса / Г. Г. Гелетука, Т. А. Железна, М. М. Жовмір та ін. // Пром. теплотехника, 2010. – № 6. – С. 58–65.
4. Д'яконов В. І. Утилізація рослинних і деревних відходів паркової зони міста / В. І. Д'яконов, О. В. Дьяконов,, О. С. Скрипник. // Комунальне господарство міст. Сер.: Технічні науки та архітектури. – 2015. – №. 124. – С. 49–52.
5. Burning Fallen Leaves May Be Hazardous to Your Health. – 2017. – URL: <https://www.thoughtco.com/health-effects-of-burning-leaves-1204092>.
6. Попик О.В. Еколого-економічні аспекти поводження з опалим листям на урбанізованих територіях / О.В. Попик // Економічні інновації: Зб. наук. пр. – Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2014. – Вип. 58. – С. 266–272.
7. Дьяконов А. В. Пути утилизации опавших листьев на территории города / А. В. Дьяконов, В. И. Дьяконов, Е. С. Дкрипник. // Строительство, материаловедение, машиностроение. issn 2415-7031 Серия: Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – С. 179–182.
8. Єлізаров О.І. Отримання біогазу з опалого листя / О.І. Єлізаров, О.І. Лисенко // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2013. – №4/(81). – С. 166–169.
9. Технология «Грин-ПИКЪ» по переработке бытовых и промышленных органических отходов в биогумус дождевыми червями «Старатель» на основе Патента РФ № 2058737.
10. Данилова С. П. Основные проблемы утилизации опавшей листвы на объектах городского озеленения / С. П. Данилова, Г. С. Мухамедьянова // Студент и аграрная наука. – 2016. – С. 31–34.
11. Белюченко И. С. Проблемы развития сложных компостов / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – №. 94. – С. 82–112.

12. Schlesinger W.H. Are wood pellets a green fuel? / W.H. Schlesinger // Science. – 2018. – Vol. 359, №. 6382. – P. 1328–1329.

13. Хабибуллина Ф.М. Роль микромицетов в трансформации растительных остатков в ельнике чернично-зеленомошном средней подзоны тайги / Ф.М. Хабибуллина. // Лесной журнал. – 2007. – №4. – С. 40–46.

14. Мокрушина Н.С. Биоконверсия древесных отходов методом компостирования с получением органического удобрения / Н.С. Мокрушина, Т.С. Тарасова, И.В. Дармов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – №1. – С. 228–232.

15. Peptidoglycan transformations during *Bacillus subtilis* sporulation / Tocheva E.I., López-Garrido J., Hughes H.V. et al. // Molecular microbiology. – 2013. – Vol. 88, №. 4. – P. 673–686.

16. Патент РФ № 2007129820/13А, 27.02.2009. Микробная композиция для переработки органических отходов быта человека, животноводства и птицеводства // Патент России № RU 2609654. 2009. / Рафикова Г. Ф., Четвериков С. П., Столярова Е. А. [и др.].

17. Isolation and identification of membrane vesicle-associated proteins in Gram-positive bacteria and mycobacteria / Prados-Rosales R., Brown L., Casadevall A. et al. // MethodsX. – 2014. – Vol. 1. – P. 124–129.

18. Mismatch repair in Gram-positive bacteria / Lenhart J.S., Pillon M.C., Guarné A. et al. // Research in microbiology. – 2016. – Vol. 167., Is. 1. – P. 4–12.

19. Brown S. Wall teichoic acids of gram-positive bacteria / Brown S., Santa Maria Jr J.P., Walker S. // Annual review of microbiology. – 2013. – Vol. 67. – P. 313–336.

20. Krasner R.I. The Microbial Challenge / Robert I Krasner, Teri Shors . – Jones & Bartlett Publishers, 2013. – 577 p.

## THE EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL AGENTS IN THE COMPOSTING OF FALLEN LEAVES

**M.V. RESHETNIKOV, O.L. MATVYEYEVA**

National Aviation University, Kyiv

The article is devoted to the evaluation of the effectiveness of industrial biologics for composting, bacterial associations, micromycetes.

**Key words:** *leaf compost, opal leaves of oak, opal of birch leaves, fallen leaves of chestnut, fallen leaves of linden, fallen leaves of maple, fallen leaves of nut, biodestruction, composting, bacteria, micromycetes.*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ БИОАГЕНТОВ ДЛЯ КОМПСТИРОВАНИЯ ЛИСТОВОГО ОПАДА

**М.В. РЕШЕТНИКОВ, Е.Л. МАТВЕЕВА**

Национальный авиационный университет, г. Киев

Статья посвящена оценке эффективности биопрепаратов для компстирования, ассоциаций бактерий, микромицетов.

**Ключевые слова:** *листовой компост, опад листвы дуба, опад листвы березы, опад листвы каштана, опад листвы липы, опад листвы клена, опад листвы ореха, биодеструкция, компстирование, бактерии, микромицеты.*