

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ НА ПРИКЛАДІ КОМАХ-ЗАПИЛЮВАЧІВ

В. М. ЧАЙКА, доктор сільськогосподарських наук, професор
<https://orcid.org/0000-0003-4324-5529>

М. М. ЛІСОВИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор
<https://orcid.org/0000-0002-7289-1098>

Н. В. МІНЯЙЛО, аспірант*
<https://orcid.org/0000-0002-5191-6057>

Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: lisova106@ukr.net

Анотація. Планета переживає епоху шостого масового вимирання біоти. Особливе занепокоєння викликає збіднення популяцій комах, оскільки останні становлять близько двох третин усіх видів біоти на планеті та мають важливе значення для підтримання стабільності екосистем та надання екосистемних послуг. Запилення рослин – одна з найбільш значущих екосистемних послуг, від якої залежить продовольча безпека людства та функціонування природних екосистем. Економічне значення запилення ентомофільних рослин за допомогою медоносних бджіл для глобального виробництва сільськогосподарських культур оцінюється в 518 мільярдів доларів США за рік. В Україні дослідження з еколого-економічної оцінки екосистемних послуг проводяться недостатньо, що зумовлює актуальність нашої роботи.

Встановлено, що сумарна вартість екосистемної послуги запилення тільки чотирьох досліджених ентомофільних культур в Україні (соняшник, ріпак, гречка та огірок відкритого ґрунту) складає 149,11 млрд грн., що переконливо свідчить щодо економічної актуальності збереження біорізноманіття комах-запилювачів.

Ключові слова: біорізноманіття, екосистемні послуги, ентомофільні культури, запилення, комахи-запилювачі, вартість.

Вступ.

Біорізноманіття має життєво важливе значення для підтримки екологічних процесів і в даний час розглядається як основний параметр, що характеризує стан екологічних систем. (He Jianhua at all., 2018). Руйнування екосистем несе загрозу не тільки для тварин і рослин, що входять до їхнього складу, а і для людини.

Комахи становлять близько двох третин усіх видів біоти та мають важливе значення для підтримання стабільності екосистем і надання екосистемних послуг (Cošťanza R.K., Farber S.R., Turner, K., 2014, David L. at all, 2021, Warren et al., 2021),.

Екосистемні послуги – це всі корисні ресурси та вигоди, які людина може отримати від природи. Класифікація екосистемних послуг базується за поділом їх на групи за функціями (Л. Ільмінська, 2020):

1. Постачання – відносять продовольство, сировину, прісну воду, ґрунти та інші ресурси, ціну на які можна визначити в грошовому еквіваленті.
2. Регулювання – усе різноманіття процесів у екосистемах, які формують середовище існування біоти, зокрема людини. Це регуляція клімату, погодних умов, якості повітря, якості і кількості прісної води, формування ґрунтів, запилення рослин та інші процеси, які підтримують стійкість екологічних систем.
3. Підтримання екосистем – глобальні процеси формування атмосфери, кліматичних зон, кругообіг речовин у природі. Підтримання біорізноманіття, глобальних процесів біохімічних циклів, накопичення органічної речовини.
4. Культурні та соціальні послуги – належать нематеріальні вигоди

і блага, які людина одержує від природи: можливість відпочинку, духовного збагачення, натхнення для творчості, отримання наукових знань, формування ідентичності соціальних і етнічних груп.

На відміну від багатьох інших екосистемних послуг, запилення можна відносно точно монетизувати, адже відома вартість продуктів, що отримані від комахозапильних рослин (N. Bradbear, 2020). Наприклад, економічне значення запилення ентомофільних рослин за допомогою медоносних бджіл для глобального виробництва сільськогосподарських культур оцінюється в 518 мільярдів доларів за рік (M. Dainese et al., 2019). Робота запилювачів у Європі оцінюється приблизно у 22 млрд євро на рік (N. Gallai, 2009)

У багатьох країнах відчувається нестача запилювачів. З 1960 до 2008 рік середня забезпеченість одного гектару комахозапильних культур бджолиними сім'ями знизилась у світі з 0,23 до 0,16, а в США - з 0,25 до 0,05 (за мінімальною необхідної кількості для цих культур з урахуванням їхнього різноманіття 1,2 - 6,2 бджолосім'ї) Bauer D., Wing I., 2010). У Європі попит на послуги запилення подекуди перевищує можливості наявної кількості медоносних бджіл майже в п'ять разів. Приміром, Великобританія має лише 34 % бджолосім'ей, необхідних для сільськогосподарських потреб країни (Breeze T., at all, 2011).

Втрати екосистем зупиняють постачання регулюючих та постачальних послуг. Усі форми життя на Землі поєднані складними зв'язками і знищення будь-якого компоненту робить всю систему менш стабільною. Приміром, знищення комах-запилювачів, зумовить знищення маси видів рослин із їхніми плодами, насінням і функціями, які вони виконували. Знищення кожного виду

рослин призведе до зникнення кількох видів комах, що так само зменшить кількість комахоїдних птахів; зникають також гриби, які перебувають у симбіозі з рослинами. Отже, зникнення одного виду з природної екосистеми, спричинить руйнування великої складної структури, стабільність якої залежить від кожної складової (Л. Ільмінська, 2020).

Усіх комах-запилювачів умовно поділяють на спеціалізованих та другорядних. Ті види комах, личинки яких споживають нектар та пилок, є головними спеціалізованими запилювачами. До спеціалізованих запилювачів насамперед належать комах ряду перетинчастокрилі, а саме бджоли та деякі оси (М. Філатов, І. Леженіна, 2010).

В Україні дослідження з еколого-економічної оцінки екосистемних послуг проводяться недостатньо, в основному вони зосереджені на обґрунтуванні методологічних підходів до оцінювання. Такий стан речей зумовлює актуальність нашої роботи. Знання вартості екосистемних послуг необхідні для прийняття рішень щодо збереження біорізноманіття й підтримання природних процесів у довкіллі.

Мета роботи – обрахунок вартості екосистемної послуги запилювання деяких культурних рослин комахами-запилювачами.

Матеріали і методи дослідження.

Роботу проводили впродовж 2019 – 2020 рр. у польовій сівозміні ВАТ “Мирненське” Бориспільського району Київської області. Землі господарства рівнинні, належать до зони Лісостепу. Загальна земельна площа становить 4850 га.

Досліди проводили на посівах таких ентомофільних культур, як гречка їстівна

(*Fagopyrum esculentum* Moench) сорту Мальва, ріпак озимий (*Brassica napus* L.) сорту УМБЕРТО КВС, соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.) гібриду Антей та огірок посівний у відкритому ґрунті (*Cucumis sativus* L.) сорту Рамзес. Відомо, що медоносні бджоли запилюють приблизно 80 % ентомофільних культур, інші комах 18 %, вітром запилюється 2 % (Мегедь А., Поліщук В., 1986). Інтенсивність відвідування рослин комахами-запилювачами проводили методом прямого спостереження Плавильщикова Н., 1976). На кожній культурі була обрана ділянка площею 1 м² для обрахунку комах, котрі прилітали на квітки рослин. Огляд комах проводили в період цвітіння ентомофільних культур, переважно в ранкові та вечірні години з 9 до 10 та з 16 до 18 годин упродовж 15 хвилин кожний облік. Визначали кількість домашніх бджіл, що прилетіли, із загальної кількості комах, які відвідували культурні рослини на дослідних ділянках. Визначення комах проводили окомірно – у випадку бджоли медоносної це не викликало труднощів, інших представників оцінювали до ряду. Так, серед диких запилювачів траплялися представники рядів *Hymenoptera*, *Diptera*, *Bombus*, *Lepidoptera*.

За обрахунку економічної складової, використовували результати досліджень приросту врожаю різних ентомофільних культур від запилення (Мегедь А., Поліщук В., 1986).

Отримані результати обробляли статистично за стандартними програмами обробки результатів біологічних експериментів.

Результат и дослідження та їх обговорення.

Важливе значення бджільництва як галузі сільськогосподарського виробництва визначається насамперед

1. Еколого-економічна ефективність запилення ентомофільних сільськогосподарських культур

Ентомофільна рослина, назва	Середня урожайність в господарстві, кг/га	Приріст врожаю від запилення*, %	Ціна продукції, грн/кг**
Гречка	2000	60	16,8
Ріпак озимий	1500	50	17,3
Соняшник	1800	50	21
Огірки у відкритому ґрунті	25000	30	22

* за даними (Мегедь А., Поліщук В., 1986)

**гречка – 16,8 грн/кг (Ціна гречки, 2020); ріпак озимий – 17,3 грн/кг (Ціни на ріпак, 2020); соняшник – 21 грн/кг (Ціни на соняшник, 2020); огірки – 22 грн/кг (Ціни на огірки, 2020)

великим значенням бджіл для запилення сільськогосподарських культур, а також різними видами цінної продукції, яку дають бджоли (мед, віск, прополіс та ін.) (L. Bondarchuk at all, 1993). Приріст врожаю від комах-запилювачів наведено у табл.1.

Результати спостережень за відвідуванням дослідних ділянок бджолою медоносною та іншими комахами-запилювачами наведені в таблиці 2.

На прикладі запилювачів люцерни встановлено, що добова активність комах-запилювачів (бджолиних) характеризується двома піками льоту: перший – 10 екз./100 п.с. припадає на дванадцять годину, другий – 18 екз./100п.с. – на

шосту годину вечора (Яковлев І., 2015). Отже, приведений нами термін облік чисельності комах перекидає період активності запилювачів у природі.

Як видно з наведених даних, у структурі угруповання комах-запилювачів досліджених ентомофільних культур домінували медоносні бджоли, найвищий ступінь домінування відмічена на посівах гречки – 83,1 %.

Використавши показники середньої урожайності досліджених ентомофільних культур у господарстві, показники загального приросту врожаю від запилення (табл. 1), та склад угруповання комах-запилювачів (табл. 2), обрахували фактичний приріст врожаю від запилен-

2. Інтенсивність відвідування та склад угруповання запилювачів різних ентомофільних культур (2019 – 2020 рр.)

Культура	Комахи-запилювачі, екз	Динаміка відвідування культури (1 м ² за 15 хв)					Склад угруповання комах-запилювачів
		9 год	10 год	16 год	17 год	18 год	
Ріпак озимий	Домашня бджола,	7 ± 0,8	7 ± 0,5	10 ± 1,2	12 ± 1,4	10 ± 1,0	80,7 %
	Дикі запилювачі	3 ± 0,5	2 ± 1,2	1 ± 0,9	3 ± 0,5	2 ± 0,8	19,3 %
Гречка	Домашня бджола,	9 ± 0,1	12 ± 1,4	15 ± 1,8	15 ± 2,0	13 ± 1,6	83,1 %
	Дикі запилювачі	1 ± 1,2	3 ± 1,6	3 ± 1,9	2 ± 1,8	4 ± 1,8	16,9 %
Соняшник	Домашня бджола,	2 ± 0,9	5 ± 0,7	4 ± 0,6	2 ± 0,5	2 ± 0,7	78,9 %
	Дикі запилювачі	0	1 ± 0,9	2 ± 0,5	0	1 ± 0,9	21,1 %
Огірок	Домашня бджола,	4 ± 0,8	5 ± 0,7	5 ± 0,9	4 ± 0,5	3 ± 0,6	72,4 %
	Дикі запилювачі	2 ± 0,7	1 ± 0,9	2 ± 0,6	2 ± 0,9	1 ± 0,9	27,6 %

3. Приріст урожаю від запилення ентомофільних культур бджолою медоносною та іншими комахами-запилювачами, кг/га

Назва культури	Приріст урожаю від запилення, кг/га	Приріст урожаю від запилення бджолою медоносною, кг/га	Приріст урожаю від запилення дикими комахами-запилювачами, кг/га
Гречка їстівна	1200	997	203
Ріпак озимий	750	606	144
Соняшник	900	710	190
Огірки у відкритому ґрунті	7500	5430	2070

ня різних культур та диференціювали його за вкладом домашніх бджіл та угруповання диких запилювачів. Результати дослідження наведено в табл. 3.

З урахуванням поточної ціни продукції досліджених ентомофільних культур (табл. 1) та фактичного приросту врожаю від запилювачів у господарстві обрахували дохід від приросту врожаю кожної культури. Отримані дані наведено в таблиці 4.

Як видно з наведених результатів, вартість екологічної послуги запилення досліджених ентомофільних культур у господарстві становить 217035 грн/га, з яких 161112,05 грн/га припадає на запилення медоносною бджолою.

Загальна площа досліджених ентомофільних культур в Україні становить: соняшник – 6,37 млн га (Площі сівби соняшнику в Україні, 2020); рі-

пак – 1,1 млн га (В Україні збільшились площі посівів ріпаку, 2020); гречка – 60 тис. га (Площі під гречкою в Україні, 2020); огірок відкритого ґрунту – 80 тис. га (Городні перспективи, 2020).

За перерахунку на загальну площу досліджених культур в Україні, вартість екосистемної послуги оцінюється як:

запилення соняшнику – $18900,00 \text{ грн/га} \times 6370000 \text{ га} = 120393000000 \text{ грн} = 120,4 \text{ млрд грн};$

запилення ріпаку озимого – $12975,00 \text{ грн/га} \times 1100000 \text{ га} =$

$14272500000 \text{ грн} = 14,3 \text{ млрд грн};$

запилення гречки – $20160 \text{ грн/га} \times 60000 \text{ га} = 1209600000 \text{ грн} = 1,21 \text{ млрд грн};$

запилення огірка відкритого ґрунту – $165000,00 \text{ грн/га} \times 80000 \text{ га} = 13200000000 \text{ грн} = 13,2 \text{ млрд грн}.$

Усього – 149,11 млрд грн.

4. Дохід від додаткового врожаю від запилення ентомофільних культур, грн/га

Назва культури	Дохід від запилення ентомофільних культур комахами, грн/га	Дохід від запилення ентомофільних культур бджолою медоносною, грн/га	Дохід від запилення ентомофільних культур іншими комахами запилювачами, грн/га
Гречка їстівна	20160,00	16269,12	3890,88
Ріпак озимий	12975,00	10470,83	2504,17
Соняшник	18900,00	14912,10	3987,90
Огірки у відкритому ґрунті	165000,00	119460,00	45540,00
Всього	217035	161112,05	55922,95

Сумарна вартість екосистемної послуги запилення тільки чотирьох досліджених ентомофільних культур в Україні переконливо свідчить щодо економічної актуальності збереження біорізноманіття комах-запилювачів.

Висновки

Дослідження структури угруповання камах-запилювачів ентомофільних культур: соняшника, гречки, ріпаку та огірка відкритого ґрунту на 72,4-83,1 % представлено бджолою медоносною, що свідчить про поки що нормальний стан бджолосімей в Україні.

Сумарна вартість екосистемної послуги запилення тільки чотирьох досліджених ентомофільних культур в Україні (149,11 млрд грн.) переконливо свідчить щодо економічної актуальності збереження біорізноманіття комах-запилювачів.

References

1. He Jianhua, Huang Junlong, Liu Dianfeng, Wang Han, Li Chun (2018). Updating the habitat conservation institution by prioritizing important connectivity and resilience providers outside. *Ecological Indicators*, 2018. – V.88. – P. 219–231.
2. WWF Living Planet Report, (2016): URL: https://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living
3. Costanza R.K., Farber S.R., Turner, K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. 26. 152–158.
4. David L. Wagner, Eliza M. Grames, Matthew L. Forister, May R. Berenbaum, and David Stopak (2021). Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *PNAS* Vol. 118 No: URL:<https://doi.org/10.1073/pnas.2023989118>.
5. Warren et al. (2021), The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 10.1073/pnas.2002551117.
6. Л. Ільмінська. Запилення рослин комахами. Екосистемні послуги – URL: <https://uncg.org.ua/uploads/2020/08/EcoPos>.
7. Nicola Bradbear (2020). Bees and Their Role in Forest Livelihoods: A Guide to the Services Provided by Bees and the Sustainable Harvesting, Processing and Marketing of Their Products. Vol.19 (in: *Nonwood forest products*, ISSN 1020-3370). Food and Agriculture Organization of the United Nations 2009. – 194 p. – URL: <https://www.fao.org>.
8. M. Dainese et al. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances* 16 Oct 2019: Vol. 5, no. 10, Issue 10•DOI: 10.1126/sciadv.aax0121
9. N. Gallai (2009), "Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline," *Ecological Economics*. – vol. 68. – pp. 810–821.
10. Bauer D.M., Wing I.S. (2010) Economic Consequences of Pollinator Declines: A Synthesis // *Agricultural and Resource Economic Review*. — 39/3.
11. Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G. and Potts, S. G. (2011) Pollination services in the UK: how important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 142 (3-4). pp. 137-143. ISSN 0167-8809 doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.020> Available at http://reading.ac.uk/25072/2/Insect_pollination_in_UK_agriculture_Final.pdf
12. Mikhail Filatov, Irina Lezhenina (2010). Conservation of wild pollinators: solutions. Kharkiv National Agrarian University named after VV Dokuchaeva [Mykhailo Filatov, Iryna Lezhenina. Zberezhennia dykykh zapylyuvachiv: shliakhy vyirishennia. Kharkivskiy natsionalnyi ahrarnyi universytet im. VV. Dokuchaeva] URL: <https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/zberezhennya-dikih-zapilyuvachiv-shlyahi-virishennya>
13. Plavilshchikov N.N., (1976) Determinant of insects of the European part of the USSR. – M

- .: Enlightenment, 304 p. [Plavylshchykov N.N. (1976) *Opredeyltel nasekomykh Evropeiskoi chasty SSSR*. - M.: Prosveshchenye, 304 c.]
14. Bondarchuk L.I., (1993). Atlas of honey plants of Ukraine / L.I. Bondarchuk, T.D. Соломаха, A.M. Ilyash and others. - K.: Harvest; 1993. - 272 p. [L.I. Bondarchuk (1993). Atlas medonosnykh roslyn Ukrainy / L.I. Bondarchuk, T.D. Solomakha, A.M. Ilyash ta in. - K.: Urozhai; 1993. - 272 s.]
 15. Mehed A.H., Polishchuk V.P. *Bdzhilnytstvo*. - K.: Vyshcha shkola. Holovne vyd-vo, 1987. - 335 s.
 16. During the year, buckwheat prices rose by 150% [Za rik tsiny na hrechku zrosly na 150%] - URL: <https://agropolit.com/news/16770-zarik-tsini-na-grechku-zrosli-na-150>
 17. SANDLORD - URL: <https://landlord.ua/news/zakupivelni-tsiny-na-soniashnyk-v-ukraini-perevyshchyly-21-tys-hrn-t/>
 18. The price of rapeseed in Ukraine is 17.3 UAH / kg [Tsena na raps v Ukrainy – 17,3 hrn\kh] – <https://tripoli.land/ raps>
 19. Garden prospects: why not all vegetables are in a hurry to get cheaper [Horodni perspektyvy: chomu ne vsi ovochi pospishaiut deshevshaty] <https://tripoli.land/ raps>
 20. Yakovlev I.V., (2015). Species composition of alfalfa agrocenosis pollinators and their daily activity in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bast and industrial crops*. - 2015. - Vip. 4. - P. 104–109.
 21. Ціни на гречку, 2020 – URL: <https://agrone.com/uk/posts/show/v-ukraini-ci-ni-na-ogirki-znovu-pidvisilis>
 22. Ціни на ріпак, 2020 – URL: <https://tripoli.land/ raps>
 23. Ціни на соняшник, 2020 – URL: <https://landlord.ua/news/zakupivelni-tsiny-na-soniashnyk-za-tyzhen-znyzyls-na-200-hrn-t/>
 23. Ціни на огірки, 2020 – URL: <https://agrove.com/uk/posts/show/v-ukraini-ci-ni-na-ogirki-znovu-pidvisilis>
 21. Площі сівби соняшнику в Україні росли на понад 500 тис. Га, 2020 – URL: <https://superagronom.com/uk/news/15681-v-ukraini-zbilshi>
 22. В Україні збільшилися площі посівів ріпаку, 2020 – URL: <https://agropolit.com/uk/news/15681-v-ukraini-zbilshi>
 23. Площі під гречкою в Україні скоротилися в 20 разів, 2020 – URL: <https://www.ukrinform.ua/ukr/news/15681-v-ukraini-zbilshi>
 24. Городні перспективи, 2020 – URL: <https://www.ukrinform.ua/ukr/news/15681-v-ukraini-zbilshi>

Chaika V., Lisovyy M., Miniailo N. (2021). ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES ON THE EXAMPLE OF POLLINATING INSECTS.

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(2): 17-23.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/editor/submission/15092>

<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.02.002>.

Abstract. The planet is experiencing an era of the sixth mass extinction of biota. Of particular concern is the impoverishment of insect populations, which account for about two-thirds of all biota species on the planet and are important for maintaining ecosystem stability and providing ecosystem services. Plant pollination is one of the most important ecosystem services on which human food security and the functioning of natural ecosystems depend. The economic value of pollination of entomophytic plants by honey bees for global crop production is estimated at \$ 518 billion per year. In Ukraine, research on the ecological and economic assessment of ecosystem services is not conducted enough, which determines the relevance of our work.

It is established that the total cost of the ecosystem pollination service of only four studied entomophilous crops in Ukraine (sunflower, rapeseed, buckwheat and open ground cucumber) is UAH 149.11 billion, which convincingly demonstrates the economic relevance of preserving the biodiversity of pollinating insects.

Key words: biodiversity, ecosystem services, entomophytic crops, pollination, pollinating insects, cost