

## МАТЕМАТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Шахман І.О.<sup>1</sup>, Бистрянцева А.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

вул. Стрітенська, 23, 73000, м. Херсон

shakhman.i.a@gmail.com;

<sup>2</sup>Херсонський державний університет

вул. Університетська, 27, 73000, м. Херсон

anbys@ukr.net

Наукове дослідження екологічної спрямованості, як правило, наголошує на складному характері взаємодії компонентів екосистем, що зумовлює під час їх вивчення необхідність системного підходу. Встановлення значущості, вагомості, унікальності, оригінальності науково-дослідної роботи неможливе без оцінки достовірності отриманих результатів, яку, на жаль, не завжди науковці демонструють у своїх публікаціях. Виникає необхідність забезпечення гармонійного балансу між теоретичною глибиною, методологічною повнотою і строгою ретельністю обробки інформації та оцінки результатів наукового дослідження за допомогою використання математичного апарату. Виконана оцінка демонстрації використання науковцями в публікаціях науково-практичного журналу «Екологічні науки» математичних методів. Виділено шість груп використання математичних методів: найпростіші статистичні методи; лінійна та поліноміальна регресія; багатомірні методи; інтегральне числення; диференціальні рівняння; графи. Публікації, в яких продемонстровано використання математичних методів, займають третину від загальної кількості. Зрозуміло, що такі рубрики, як «Система екологічної освіти для сталого розвитку», «Екологічні питання в контексті євроінтеграції України», будуть мати мінімальну кількість публікацій із математичною оцінкою або взагалі жодної. У публікаціях рубрики «Екологія та економіка природокористування» переважно використано І групу методів. Авторам рубрик «Екологія природних ресурсів» і «Зміна клімату» було запропоновано використання математичного апарату (II–V групи). Акцентовано увагу для дослідників екологічної спрямованості на необхідності використання математичних методів аналізу, обробки і оцінки екологічної інформації. *Ключові слова:* математичний апарат, оцінка результатів, екологічні дослідження, публікації.

**Mathematical approach to the assessing of ecological research results. Shakhman I., Bystrantseva A.** A scientific study of the environmental focus, as a rule, notes the complex nature of the interaction of ecosystem components, this necessitates a systematic approach to their study. Establishing the significance, weight, uniqueness, originality of a research work is impossible without assessing the reliability of the results, which, unfortunately, scientists do not always demonstrate in their publications. There is a need to ensure a harmonious balance between theoretical depth, methodological completeness, strict thoroughness of information processing and evaluation of the results of scientific research using the mathematical apparatus. The analysis of the demonstration of the use of mathematical methods by scientists in the publications of the scientific and practical journal “Ecological Sciences” is carried out. Six groups of using mathematical methods are distinguished: the simplest statistical methods; linear and polynomial regression; multidimensional methods; integral calculus; differential equations; graphs. Publications that demonstrate the use of mathematical methods, occupy one third of the total. It is clear that such sections as “Environmental Education System for Sustainable Development”, “Environmental Issues in the Context of Ukraine’s European Integration” will have a minimum number of publications with a mathematical assessment, or none at all. In publications of the rubric “Ecology and Environmental Management”, I group of methods was mainly used. The authors of the sections “Ecology of Natural Resources” and “Climate Change” were proposed to use the mathematical apparatus (II – V groups). The attention of environmental researchers is focused on the need to use mathematical methods of analysis, processing and assessment of environmental information. *Key words:* mathematical apparatus, evaluation of results, environmental studies, publications.

**Постановка проблеми.** Наукове дослідження екологічної спрямованості, як правило, наголошує на складному характері взаємодії компонентів екосистем, що зумовлює під час їх вивчення необхідність системного підходу, який включає широкий інструментарій точних наук (математичні методи, інформаційні технології тощо). Але автори не завжди демонструють системний підхід під час вивчення і вирішення проблеми та/або під час викладення результатів наукових досліджень у публікаціях, що ускладнює або унеможливує проведення об’єктивного аналізу результатів роботи. Тому виникає необхідність популяризації використання функціонального опису екологічних систем, викори-

стання методів математичної обробки, моделювання та оцінки результатів дослідження.

**Актуальність дослідження.** Оцінка результатів науково-дослідних робіт у межах фундаментальних і прикладних досліджень передбачає визначення та систематизацію інструментарію об’єктивного оцінювання результатів наукової діяльності, узагальнення наукової і практичної (соціальної, економічної, екологічної) цінності виконаних наукових досліджень [1]. Встановлення значущості, вагомості, унікальності, оригінальності науково-дослідної роботи неможливе без оцінки достовірності отриманих результатів, яку, на жаль, не завжди науковці демонструють у своїх публікаціях. Тому виникає

необхідність забезпечення гармонійного балансу між теоретичною глибиною, методологічною повнотою і строгою ретельністю обробки інформації та оцінки результатів наукового дослідження за допомогою використання апарату математичного моделювання, багатомірного статичного аналізу, дослідження операцій, розпізнавання образів тощо [2].

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Усвідомлюючи складність і масштабність цілей у сфері охорони довкілля, науковці заявляють, що відповідь людства на глобальні загрози природного і техногенного характеру поки не відповідає темпу збільшення екологічних проблем. Ключовим фактором ефективності механізмів розв'язання екологічних проблем є формування у фахівців-екологів не тільки системи екологічних знань, вмінь і навичок, а й належного підґрунтя – природничих і математичних знань щодо побудови та використання математичних моделей для опису і прогнозування екологічних явищ і процесів, застосування математичного апарату для вирішення теоретичних і прикладних завдань. Підходи до організації екологічної освіти закладено в Концепції екологічної освіти в Україні (2001), Стандартах вищої освіти (2018) [3; 4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичні та методологічні аспекти математичного обґрунтування та розв'язання складних спеціалізованих завдань і вирішення практичних проблем у сфері екології були закладені такими видатними вченими, як В.І. Вернадський, А.М. Колмогоров, О.Л. Чижевський, О.О. Любищев, В.В. Налімов та інші [5].

Професор В.І. Лаврик у своїх роботах систематично демонструє можливості застосування математичного та імітаційного моделювання під час дослідження та прогнозування стану екосистем в умовах антропогенного впливу. Вчений у багатьох наукових працях розглядає як найпростіші математичні моделі, що будуються за допомогою основних елементарних функцій, так і більш складні моделі, побудовані на основі апарату теорії диференціальних рівнянь [6].

Прикладом практичного використання математичних методів обробки екологічної інформації є досвід співпраці доцентів ДВНЗ «ХДАУ» та ХДУ в напрямі вирішення питань оцінки екологічного стану водних екосистем рідного краю [7–9]. Науковці демонструють практичне використання апарату теорії ймовірності (розподіл «хі-квадрат») та математичної статистики для визначення екологічної надійності річок та оцінки здатності водних екосистем до саморегуляції і самовідновлення [8; 9]. Фахівцями були використані математичні та імітаційні моделі формування якості води у водних об'єктах, які враховують взаємодію основних факторів і процесів, що впливають на динаміку показників якості води, зокрема показників гідрохімічного режиму (концентрації чи іншого інгредієнта) [8–10].

С.П. Цецик і А.Д. Кузик [11; 12] досліджували роль математичної підготовки екологів і математичної компетентності фахівців природоохоронного напрямку та наголошували на формуванні у майбутніх спеціалістів не тільки системи екологічних знань, вмінь і навичок, а й належного підґрунтя – природничих і математичних знань.

Нами також неодноразово акцентувалась увага на необхідності розширення математичного складника під час формування компетентності фахівців-екологів, що сприятиме перетворенню системи моніторингу довкілля та управління його складниками на сучасну інформаційну систему, пріоритетами якої є захист життєво важливих екологічних інтересів населення, відтворення і збереження природних екосистем, запобігання кризовим змінам стану навколишнього середовища, запобігання надзвичайним ситуаціям [13; 14].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Виконано оцінку стану «кількісної» екології, представленої науковцями у своїх публікаціях, у науково-практичному журналі «Екологічні науки» за роки існування журналу.

**Новизна.** Проаналізовано демонстрацію науковцями використання у своїх публікаціях у журналі «Екологічні науки» математичних методів.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Акцентовано увагу для дослідників екологічної спрямованості на необхідності використання математичних методів аналізу, обробки і оцінки екологічної інформації.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження в галузі біології та екології довгі роки обмежувалося якісним описом об'єктів і процесів, кількісні ж оцінки їхніх характеристик зводилися лише до констатації «збільшення» або «зменшення» середніх значень окремих ознак [2]. Для нас було цікавим оцінити стан «кількісної» екології, представленої науковцями у своїх публікаціях, в науково-практичному журналі «Екологічні науки». Матеріалом для аналізу слугували статті журналу за період 2012–2019 років, де підраховувалися індивідуальні і спільні частоти використання в цих публікаціях математичних методів аналізу, обробки та оцінки екологічної інформації.

Нами було проаналізовано 508 статей (24 випуски). Результати аналізу, який ґрунтується на формальних наукометричних методах, за роками та тематичними рубриками журналу наведено в таблицях 1, 2.

Аналіз публікацій дав змогу виділити шість груп (напрямів) використання математичних методів [15]: I – найпростіші статистичні методи; II – лінійна та поліноміальна регресія; III – багатомірні методи; IV – інтегральне числення; V – диференціальні рівняння; VI – графі (табл. 3).

I група містить найпростіші статистичні методи, які використовуються для аналізу даних, а саме: ста-

Таблиця 1

**Оцінка частоти використання математичних методів у публікаціях журналу «Екологічні науки» за 2012–2019 рр. (за роками)**

Рік	Всього	Публікації з демонстрацією використання математичних методів	
		кількість	%
2012	38	7	18,4
2013	34	6	17,6
2014	35	7	20,0
2015	93	31	33,3
2016	44	17	38,6
2017	40	15	37,5
2018	161	67	41,6
2019	63	18	28,6
Всього	508	168	33,1

Таблиця 2

**Оцінка частоти використання математичних методів у публікаціях журналу «Екологічні науки» за 2012–2019 рр. (за рубриками)**

Рубрики журналу	Загальна кількість публікацій	Публікації з демонстрацією використання математичних методів	
		кількість	%
Теоретична екологія	40	16	40,0
Загальні проблеми екологічної безпеки та Біологічна безпека	109	49	45,0
Екологічні питання в контексті євроінтеграції України	7	2	28,6
Екологія та економіка природокористування	50	15	30,0
Екологія природних ресурсів і Зміна клімату	38	19	50
Проблеми еколого-збалансованого розвитку	31	8	25,8
Екологія і виробництво	86	31	36,0
Розвиток природно-заповідного фонду та Збереження біорізноманіття	51	8	15,7
Інноваційні аспекти підвищення рівня екологічної безпеки	29	8	27,6
Система екологічної освіти для сталого розвитку	14	0	0
Наукове життя та Сторінка молодого вченого	53	12	22,6
Всього	508	168	33,1

Таблиця 3

**Оцінка використання груп математичних методів у публікаціях журналу «Екологічні науки» за 2012–2019 рр. (за рубриками)**

Рубрики журналу	Кількість публікацій із демонстрацією використання математичних методів	Публікації з демонстрацією використання математичних методів за групами методів, %					
		I	II	III	IV	V	VI
1	2	3	3	4	5	6	7
Теоретична екологія	16	68,8	12,5	25	6,2	18,8	6,2
Загальні проблеми екологічної безпеки та Біологічна безпека	49	71,4	14,3	10,2	2	4,1	0
Екологічні питання в контексті євроінтеграції України	2	100	0	0	0	0	0
Екологія та економіка природокористування	15	73,3	20	6,7	0	6,7	0
Екологія природних ресурсів і Зміна клімату	19	94,7	5,3	0	0	10,5	0

Закінчення таблиці 3

1	2	3	3	4	5	6	7
Проблеми еколого-збалансованого розвитку	8	37,5	0	12,5	0	62,5	12,5
Екологія і виробництво	31	77,4	29	12,9	3,2	16,1	0
Розвиток природно-заповідного фонду та Збереження біорізноманіття	8	62,5	12,5	25	0	0	0
Інноваційні аспекти підвищення рівня екологічної безпеки	8	37,5	12,5	50	0	12,5	25
Система екологічної освіти для сталого розвитку	0	0	0	0	0	0	0
Наукове життя та Сторінка молодого вченого	12	75	16,7	0	0	16,7	0

тистичне спостереження, зведення та групування отриманих матеріалів, абсолютні та відносні статистичні величини, варіаційні ряди. У групі II зібрано публікації, що містять, окрім методів I групи, елементи регресійного аналізу. Розв'язуються завдання про знаходження форми зв'язку, встановлення ступеня впливу незалежних показників на залежний, визначаються розрахункові значення залежного показника. III група включає багатофакторні методи, зокрема множинну регресію та багатофакторний дисперсійний аналіз. У групі IV представлено математичний апарат, який включає елементи інтегрального числення. Застосовано обчислення визначеного інтегралу, кратних інтегралів і інтегралів по контуру. Під час розв'язування диференціальних рівнянь, що становлять V групу, розв'язок отримується також шляхом застосування методів інтегрального числення, а саме – інтегруванням вихідного рівняння. У цій групі зібрано переважно звичайні диференціальні рівняння з відокремлюваними змінними, диференціальні рівняння в частинних похідних першого та другого порядків. Методи групи VI використано для візуалізації сенсорної мережі, її діагностики під час застосування їх у галузі екологічного моніторингу, а також для створення схеми екологічної системи міста.

**Головні висновки.** Публікації, в яких продемонстровано використання математичних методів,

займають третину (33,1%) від загальної кількості, що спонукає до необхідності звернути на це увагу науковців. Зрозуміло, що такі рубрики, як «Система екологічної освіти для сталого розвитку», «Екологічні питання в контексті євроінтеграції України», будуть мати мінімальну кількість публікацій із математичною оцінкою або взагалі жодної. У публікаціях рубрики «Екологія та економіка природокористування» переважно використано I групу методів (73,3%), тоді як авторам рубрик «Екологія природних ресурсів» і «Зміна клімату» було б не просто цікавим, а вкрай необхідним використання математичного апарату (II–V групи) для побудови динамічних моделей, якими і став сьогодні екологічний світ.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати наукових досліджень, викладені у статті, можуть слугувати активізації у науковців прагнення до вивчення складного доквілля і отримання достовірних результатів за допомогою одного з найважливіших методів пізнання, який використовує математичний апарат (взаємозв'язок явищ і факторів, що досліджується, передається у формі конкретних математичних рівнянь), для вирішення питань, пов'язаних із раціональним використанням природних ресурсів і забезпеченням охорони навколишнього середовища сьогодення та прогнозування його майбутнього стану.

### Література

- Одотюк І.В. Оцінка результатів наукової діяльності в Україні: нормативно-правовий аспект. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку*. 2012. № 3. С. 38–42.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
- Про концепцію екологічної освіти в Україні. № 13/6-19 20.12.2001. База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v6-19290-01> (дата звернення: 12.08.2019).
- Стандарт вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки» для другого (магістерського) рівня вищої освіти: затв. Наказом Міністерства освіти і науки України від 4 жовтня 2018 р. № 1066. 15 с.
- Боголюбов Л.Н. Человек и общество. Обществознание. Москва: Просвещение, 2002. 270 с.
- Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2002. 203 с.
- Бистрянцева А.М., Шахман І.О. Розподіл «хи-квадрат» та його застосування для визначення екологічної надійності річок. *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2017. Вып. 9(29). Ч. 1. С. 103–105.
- Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. Assessment of Ecological State and Ecological Reliability of the Lower Section of the Ingulets River. *Hydrobiological Journal. USA*. 2017. Vol. 53. Issue 5. P. 103–109.

9. Шахман І.О., Бистрянцева А.М., Пічура В.І. Математичне моделювання гідроекологічних процесів та чисельні розрахунки гідрохімічного режиму Нижнього Дніпра. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 99. С. 260–269.
10. Шахман І.О. Оцінка екологічного стану та екологічної надійності пониззя річки Дніпро. *Екологічні науки*. 2019. № 1 (24). Т. 1. С. 117–120.
11. Цецик С.П. Компетентнісний підхід до процесу математичної підготовки майбутніх екологів. *Нова педагогічна думка*. 2015. № 2 (82). С. 93–97.
12. Кузик А.Д. Особливості викладання вищої математики для майбутніх екологів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.9. С. 363–368.
13. Шахман І.О. Актуальні аспекти формування складових професійної компетентності майбутнього еколога. *Педагогічні науки*. 2018. Вип. 81. Т. 3. С. 220–223.
14. Бистрянцева А.М., Шахман І.О. Математична підготовка як один зі складників під час формування професійних компетентностей майбутнього еколога. *Інноваційна педагогіка*. 2019. Вип. 10. Т. 1. С. 90–92.
15. Бронштейн І.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. Москва : Наука, 1986. 544 с.