

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ВИЖНИЦЬКИЙ»

\*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

\*\*Буковинський державний фінансово-економічний університет, м. Чернівці, Україна

\*\*\*Національний природний парк «Вижницький», смт Берегомет, Чернівецька обл., Україна

---

**Анотація.** У статті наведено результати досліджень динаміки чисельності популяції *Lepus europaeus* Pall. в залежності від погодно-кліматичних факторів на території НПП «Вижницький» за період 2002–2013 рр. за допомогою моніторингової інформаційної системи. Виконаний нами аналіз свідчить на користь зворотної залежності між динамікою чисельності досліджуваної популяції зайця сірого та максимальними значеннями температури повітря вересня. Водночас, збільшення кількості опадів у вересні чинить позитивний вплив на чисельність популяції *Lepus europaeus* Pall. протягом досліджуваного періоду на території НПП.

**Ключові слова:** моніторинг, популяція, моделювання, *Lepus europaeus* Pall.

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований динамики численности популяции *Lepus europaeus* Pall. в зависимости от погодно-климатических факторов на территории НПП «Вижницкий» за период 2002–2013 гг. с помощью мониторинговой информационной системы. Выполненный нами анализ свидетельствует в пользу обратной зависимости между динамикой численности исследуемой популяции зайца серого и максимальными значениями температуры воздуха сентября. В то же время увеличение количества осадков в сентябре оказывает положительное влияние на численность популяции *Lepus europaeus* Pall. в течение исследуемого периода на территории НПП.

**Ключевые слова:** мониторинг, популяция, моделирование, *Lepus europaeus* Pall.

**Abstract.** The article presents the results of research in population dynamics of *Lepus europaeus* Pall depending on weather and climatic factors in the national park “Vyzhnytsky” during the period of 2002–2013 years with the help of monitoring information system. Our analysis provides evidence in favor of a negative relationship between population dynamics of studied population of *Lepus europaeus* Pall and maximum temperature in September. At the same time, increased rainfall in September, has a positive effect on the number of *Lepus europaeus* Pall. population during the study period within the territory of national park.

**Keywords:** monitoring, population, modeling, *Lepus europaeus* Pall.

### 1. Вступ

Як відомо, моніторинг – це технологія забезпечення інформацією процесів прийняття рішень. Вимоги, що висувуються до цієї інформаційної технології, визначаються тим, якої саме інформації потребує надсистема для забезпечення процесу формування керуючих впливів при управлінні станом екосистеми [1].

Зокрема, виявлення закономірностей динаміки чисельності популяцій живих організмів необхідне для прогнозування можливих небажаних явищ і внесення, у разі необхідності, коректив у їх чисельність на території об'єктів природно-заповідного фонду. Дослідження динаміки популяцій має важливе природоохоронне значення, оскільки дозволяє робити прогнози стану екологічної системи, оцінювати наслідки впливу на них антропогенних факторів, виявляти та усувати причини негативного антропогенного впливу на екологічні системи та ін. і є основою для створення наукових основ раціонального використання природних ресурсів. Таким чином, одним із завдань для інформаційної технології моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду є виявлення закономірностей зміни чисельності популяції тварин та рослин на території парку.

Розв'язок численних задач, пов'язаних із дослідженням закономірностей у динаміці чисельності (щільності) популяцій різних видів рослин і тварин на території заповідних територій, вимагає отримання, обробки та перетворення великих масивів даних – результатів спостережень.

На сьогодні процеси отримання чисельних характеристик результатів спостережень на території національного природного парку «Вижницький» організовані ефективно. Перелік показників, що контролюються, та періодичність спостережень дозволяють відобразити стани екологічної системи в масиві отриманих даних.

Обробка результатів спостережень проводиться статистичними методами. Перетворення результатів обробки у відомості про динаміку чисельності популяцій контрольованих рослин і тварин та виявлення закономірностей проводяться традиційно – поєднанням експертних методів із методами статистичного моделювання.

Результати моніторингу отримують у вигляді дво-, тривимірних залежностей. Але, очевидно, що динаміку чисельності популяції визначає велика кількість факторів як внутрішніх, так і зовнішніх. Можливості ж статистичних методів моделювання для відображення багатфакторних впливів обмежені.

## **2. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Інформація, яку отримують у результаті моніторингу, має вигляд відомостей про властивості об'єктів моніторингу у формі аналітичних моделей. Для відображення закономірностей досліджуваної екологічної системи використовуються окремі моделі або їх ієрархічне поєднання. Ієрархія моделей може бути горизонтальною, вертикальною або їх поєднанням, утворюючи багаторівневі структури баз моделей [1].

У залежності від мети та потужності засобів синтезу моделей технологія моніторингу налаштовується для відображення в моделях тієї чи іншої закономірності. Виділяють п'ять стандартних типів закономірностей, які виявляються у процесі моделювання [2]: асоціація; послідовність; класифікація; кластеризація; прогнозування. Асоціація має місце в тому випадку, якщо кілька одночасних подій пов'язані одна з одною. Якщо існує ланцюжок пов'язаних у часі подій, то говорять про послідовність. За допомогою класифікації виявляються ознаки, що характеризують групу, до якої належить той або інший об'єкт. Це робиться за допомогою аналізу вже класифікованих об'єктів і формулювання деякого набору правил. Кластеризація відрізняється від класифікації тим, що самі групи заздалегідь не задані. За допомогою кластеризації засоби моделювання самостійно виділяють різні однорідні групи даних. Основою для всіляких систем прогнозування є історична інформація, що зберігається в базах даних у вигляді часових рядів. Якщо вдається побудувати моделі, що адекватно відображають динамічні характеристики цільових показників, ймовірно за їх допомогою можна прогнозувати і поведінку системи в майбутньому.

Для відображення закономірностей послідовності традиційно використовуються методи імітаційного моделювання. В роботах [3, 4] розроблена методологія побудови універсальної моделі динаміки популяцій та отримано дискретну узагальнену математичну модель динаміки популяцій [5, 6]. Також проведено визначення значень робочих параметрів узагальненої математичної моделі динаміки популяцій [7] та на основі даних моніторингу визначено числові значення робочих параметрів узагальненої математичної моделі динаміки популяцій деяких видів тварин і розроблено математичні моделі відповідних видів [8].

Статистичні методи частіше використовуються для виявлення закономірностей асоціації та прогнозування. Існує ряд робіт, що стосуються дослідження впливу ендогенних факторів на динаміку популяцій тварин як загалом на прикладі дрібних ссавців, так і досліджуваного виду (*Lepus europaeus* Pall.) зокрема. У роботі [9] на основі статистичної обробки даних дається оцінка ролі кліматичних факторів (висота снігового покриву, тем-

пература повітря, тривалість безморозного періоду та кількість опадів) у розміщенні та динаміці чисельності зайця сірого на півдні Середнього Сибіру. При цьому показана провідна роль таких факторів, як висота снігового покриву та тривалість безморозного періоду на чисельність досліджуваного виду.

У роботі М.П. Федюшка [10] показано негативну залежність чисельності зайця-русака в залежності від кількості застосованих пестицидів на основі кореляційного аналізу та доведена можливість використання показників чисельності популяції зайця-русака як індикатора антропогенного тиску на асоційоване агробіорізноманіття.

### **3. Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми**

Проблемою, що виникає при створенні моніторингових інформаційних систем (МІС) і яка досліджується в цій роботі, є існуюче протиріччя між необхідністю відобразити у структурі моделі властивості складної екологічної системи НПП «Вижницький» та обмеженими можливостями методів моделювання, що використовуються для цього. Це призводить до того, що відомості про властивості об'єктів спостережень залишаються не відображеними у структурі моделей і не використовуються при прийнятті рішень за результатами моніторингу.

Чисельність будь-якої популяції коливається під впливом дії біотичних і абіотичних факторів та їх комплексів. Їх взаємодія динамічна, оскільки є наслідком розвитку екосистеми. Тому існує потреба розробки та впровадження нових методів виявлення й вивчення цих факторів, обробки і аналізу отриманої інформації, які повинні базуватись на поєднанні результатів досліджень традиційними методами екології та біології знань у поєднанні із сучасними методами обробки великих масивів даних, моделювання складних систем. Існує потреба у скороченні часу на отримання висновків шляхом автоматизації рутинної праці за рахунок широкого застосування моніторингових МІС.

Головною метою цієї роботи є дослідження процесів використання інформаційної технології екологічного моніторингу національного природного парку для виявлення взаємозв'язків між природно-кліматичними факторами та динамікою популяції тварин, зокрема, зайця сірого, на прикладі НПП «Вижницький».

### **4. Виклад основного матеріалу**

Відповідно до методології створення автоматизованих систем соціоекологічного моніторингу [11] на першому етапі формування МІС надсистема формулює вимоги до змісту інформації, яку необхідно отримати за результатами моніторингу. У цьому випадку моніторингова інформація потрібна для визначення реакції екологічної системи НПП «Вижницький» на кліматичні зміни.

Проблема зміни клімату в даний час є надзвичайно актуальною як у сфері фундаментальних досліджень, так і у практичній діяльності. Розробка надійних оцінок і об'єктивних прогнозів екологічних наслідків, пов'язаних з динамікою клімату, визначили інтерес дослідників до вивчення відповідної реакції біоти на інтенсивність і характер кліматичних трансформацій.

Важлива роль у дослідженнях реакцій біоти на кліматичні зміни належить особливо охоронюваним природним територіям, об'єктам природно-заповідного фонду, оскільки саме для цих територій є багаторічні ряди регулярних спостережень за динамікою різних природних параметрів у незайманих або малотрансформованих екосистемах, отриманих при формуванні традиційного для об'єктів ПЗФ України «Літопису природи». Очевидно, що завдання повної оцінки відповідних реакцій біологічних систем на зміни клімату не може бути реалізовано. Тому необхідний обґрунтований вибір найбільш значимих та інформативних елементів, доступних для досить докладних досліджень.

Універсальними і придатними модельними об'єктами моніторингу реакцій екосистем на динаміку клімату можуть бути дрібні ссавці. Це визначається їх тісними зв'язками з різними компонентами екосистем і активною участю в основних формах біогенного круговороту. Загальновідомими є висока чутливість дрібних ссавців до змін середовища, широкий набір адаптацій і здатність до швидкої їх реалізації в умовах, що постійно змінюються. Важливою властивістю є чітко виражені циклічні коливальні процеси в популяціях дрібних ссавців, що дозволяють враховувати різноманітні стани біосистем. Дана група також доступна для різного роду природних і лабораторних експериментів, що дозволяє розробляти методи біотестування. Таким чином, перераховані вище особливості дозволяють вважати дрібних ссавців універсальними об'єктами біологічного моніторингу, в тому числі і в плані оцінки і прогнозування стану екосистем у відповідь на зміни клімату [11, 12]. Тому вимогою до МІС є опис залежності чисельності популяції зайця сірого на території НПП «Вижницький» від кліматичних умов.

На другому етапі формування МІС визначаються кількість рівнів перетворення інформації та локальні завдання для кожного із рівнів. У цьому випадку необхідно сформулювати два рівні перетворення інформації. На першому рівні ознаки стану екосистеми перетворюються в числові характеристики за результатами спостережень. Засобами є вимірні прилади для визначення характеристик клімату, експерт для визначення характеристик популяції зайця сірого та методичне забезпечення цих процесів.

На другому рівні інформація перетворюється від форми масиву чисельних характеристик до форми аналітичних моделей, у структурі яких відображено зміну кількості популяції об'єктів біологічного моніторингу залежно від характеристик кліматичних умов.

У табл. 1 подані ознаки, чисельні характеристики яких отримані в результаті реалізації першого рівня моніторингу на території НПП «Вижницький» впродовж 2003–2013 рр. Вони використовуються як складові первинного опису об'єктів моніторингу та як змінні в процесі синтезу моделей другого рівня.

Таблиця 1. Перелік ознак масиву вхідних даних

№	Назва ознаки	Змінні
1	Заєць сірий, особин	$Y_1$
2	Олень благородний, особин	$Y_2$
3	Козуля європейська, особин	$Y_3$
4	Свиня дика, особин	$Y_4$
5	Лисиця, особин	$Y_5$
6	Куниця лісова, особин	$Y_6$
7	Борсук, особин	$Y_7$
8	Білка звичайна карпатська, особин	$Y_8$
9	Видра річкова, особин	$Y_9$
10	Тхір чорний, особин	$Y_{10}$
11	Кіт лісовий, особин	$Y_{11}$
12	Куріпка сіра, особин	$Y_{12}$
13	Рись звичайна, особин	$Y_{13}$
14	Голуб сизий, особин	$Y_{14}$
15	Вовк, особин	$Y_{15}$
16	Час, рік	$X_1$
17	Температура повітря середньодобова по місяцях, град.	$X_2-X_{13}$
18	Температура повітря мінімальна за добу по місяцях, град.	$X_{14}-X_{25}$
19	Температура повітря максимальна за добу по місяцях, град.	$X_{26}-X_{37}$
20	Опади, середньодобовий показник по місяцях, мм	$X_{38}-X_{49}$

21	Середній градієнт температури повітря середньодобової по місяцях, град.	X <sub>50</sub> -X <sub>61</sub>
22	Середній градієнт температури повітря максимальної добовий по місяцях, град.	X <sub>62</sub> -X <sub>73</sub>
23	Середній градієнт температури повітря мінімальної добовий по місяцях, град.	X <sub>74</sub> -X <sub>85</sub>

Ознаки 1–15 використовуються як залежні змінні (модельовані показники) множини  $Y$ :

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{15}\}. \quad (1)$$

Ознаки 16–23 є незалежними змінними і утворюють множину  $X$ :

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_8\}. \quad (2)$$

Для встановлення характеру впливу погодно-кліматичних факторів на популяцію об'єктів біологічного моніторингу розв'язувалась задача ідентифікації функціональної залежності:

$$Y = f(X). \quad (3)$$

У цій роботі подані результати досліджень, метою яких було встановлення характеру впливу погодно-кліматичних факторів на популяцію зайця сірого за допомогою МІС національного парку «Вижницький». Для кліматичної характеристики досліджуваної території використовувались дані спостережень метеопосту на території дирекції НПП «Вижницький». Як досліджувані показники використовували середньодобову, мінімальну та максимальну температуру повітря кожного місяця та їх градієнти, а також середньомісячну кількість опадів. Зазначені показники використовувались як незалежні змінні.

Водночас, найбільш доступною для дослідження інтегральною характеристикою популяції є її чисельність, з якою тісним чином пов'язано багато інших параметрів. Відповідно, саме цей показник був обраний як залежна змінна. Таким чином, необхідно розв'язати задачу ідентифікації:

$$y_1 = f(x_1, x_2, \dots, x_8). \quad (4)$$

На третьому етапі побудови МІС відбувається формування структури її підсистеми перетворення інформації. Використовуються метод висхідного синтезу моделей та інструменти інформаційної системи багаторівневого перетворення даних [1]. Відповідно до заданих залежних та незалежних змінних синтезуються моделі на кожному рівні перетворення інформації, моделі окремого рівня поєднуються у страти. Вихідні сигнали моделей нижньої страти утворюють масиви вхідних даних для синтезу моделей верхньої страти [13].

Для синтезу моделей другого рівня перетворення інформації МІС НПП «Вижницький» використовувався багаторядний алгоритм МГУА [14]. У процесі синтезу моделі використовувались дані, отримані впродовж 2003-2010 рр. Для випробування моделі використані результати спостережень, отриманих впродовж 2011-2013 рр. Середня похибка моделювання знаходиться в межах від 2,62 % до 5,27%. Такі результати дозволяють стверджувати, що отримана модель є точною, стійкою. А це означає, що у структурі даної моделі відображені відомості про тенденції, які можуть бути використані над системою, як корисні.

Оскільки у структурі моделі міститься характеристика часу, то вона відображає закономірність прогнозування. Крім того, дослідивши модель на чутливість до динаміки

змінних множини  $X$ , можна оцінити впливовість факторів та описати закономірність асоціації. Коефіцієнти впливовості факторів розраховуються за виразом [1]:

$$W_1 = \frac{y_1'}{\sum_{i=1}^m y_i'} \quad (5)$$

де  $y_1'$  – значення частинної похідної моделі по змінній  $x_1$ ,  $m$  – кількість змінних, що увійшли до структури моделі.

Після підтвердження корисності отриманих моделей відбувається випробування всієї підсистеми перетворення даних МІС у цілому шляхом експертної оцінки моніторингової інформації на виході системи. В даному випадку проводимо експертну оцінку закономірності асоціації, в результаті якої виявлені оцінки впливовості кліматичних умов на популяцію зайця сірого.

Загалом, динаміку чисельності зайця сірого на території НПП «Вижницький» у 2002–2014 рр. можна охарактеризувати як стійку з достатньо яскраво вираженим періодом коливання чисельності – 6 років (рис. 1), що підтверджується і літературними даними [15, 16]. Зазвичай, для даного виду не характерна чітка залежність від запасу кормів. Процес зміни чисельності популяції досить автономний і керується переважно внутрішніми факторами. Зовнішні фактори, зокрема, погодно-кліматичні, найчастіше лише прискорюють чи сповільнюють ці внутрішньопопуляційні зміни.

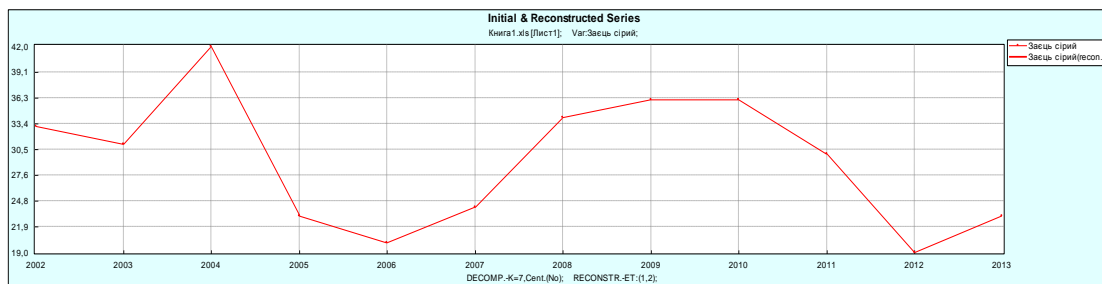


Рис. 1. Часовий ряд чисельності *Lepus europaeus* Pall (вхідні дані та апроксимована крива)

Аналіз літературних даних дозволяє стверджувати, що найбільш важливими погодно-кліматичними факторами, які можуть впливати на чисельність популяції зайців, є висота снігового покриву, температура повітря, тривалість безморозного періоду, кількість опадів. Температура повітря переважно впливає на виживання першого весняного виводку [15, 17, 18]. У той же час тепла тривала осінь сприяє появі та виживанню пізніх виводків. Коливання температури в кінці зими та на початку весни обумовлюють виживання першого виводку. Неприятливими є зимові відлиги, що спричиняють передчасне спарювання. Щодо кількості опадів, то її вплив може бути як негативним, так і позитивним [16–19]. Зокрема, загибель зайченят найчастіше спостерігається після дощової весни та посушливого літа.

У табл. 2 подані результати дослідження моделі.

Таблиця 2. Впливовість змінних моделі та напрям впливу

Змінна	Вага, %	Зміна функції	Змінна	Вага, %	Зміна функції	Змінна	Вага, %	Зміна функції	Змінна	Вага, %	Зміна функції
$x_1$	0,00	Без змін	$x_{12}$	0,00	Без змін	$x_{37}$	0,00	Без змін	$x_{62}$	0,00	Без змін
$y_2$	9,38	Спадає	$x_{13}$	0,00	Без змін	$x_{38}$	0,00	Без змін	$x_{63}$	0,00	Без змін
$y_3$	0,00	Без змін	$x_{14}$	0,00	Без змін	$x_{39}$	0,00	Без змін	$x_{64}$	0,00	Без змін

Продовж. табл. 2

y <sub>4</sub>	0,00	Без змін	x <sub>15</sub>	0,00	Без змін	x <sub>40</sub>	0,00	Без змін	x <sub>65</sub>	0,00	Без змін
y <sub>5</sub>	0,00	Без змін	x <sub>16</sub>	0,00	Без змін	x <sub>41</sub>	0,12	Зростає	x <sub>66</sub>	0,00	Без змін
y <sub>6</sub>	0,00	Без змін	x <sub>17</sub>	2,01	Спадає	x <sub>42</sub>	0,00	Без змін	x <sub>67</sub>	0,00	Без змін
y <sub>7</sub>	0,00	Без змін	x <sub>18</sub>	0,00	Без змін	x <sub>43</sub>	0,00	Без змін	x <sub>68</sub>	0,00	Без змін
y <sub>8</sub>	0,00	Без змін	x <sub>19</sub>	0,00	Без змін	x <sub>44</sub>	3,43	Спадає	x <sub>69</sub>	0,00	Без змін
y <sub>9</sub>	0,00	Без змін	x <sub>20</sub>	0,00	Без змін	x <sub>45</sub>	0,00	Без змін	x <sub>70</sub>	0,00	Без змін
y <sub>10</sub>	0,00	Без змін	x <sub>21</sub>	0,00	Без змін	x <sub>46</sub>	<b>46,55</b>	<b>Зростає</b>	x <sub>71</sub>	0,00	Без змін
y <sub>11</sub>	0,00	Без змін	x <sub>22</sub>	0,00	Без змін	x <sub>47</sub>	0,00	Без змін	x <sub>72</sub>	0,00	Без змін
y <sub>12</sub>	0,03	Спадає	x <sub>23</sub>	0,00	Без змін	x <sub>48</sub>	0,00	Без змін	x <sub>73</sub>	0,00	Без змін
y <sub>13</sub>	0,00	Без змін	x <sub>24</sub>	0,02	Зростає	x <sub>49</sub>	0,00	Без змін	x <sub>74</sub>	0,00	Без змін
y <sub>14</sub>	0,00	Без змін	x <sub>25</sub>	0,00	Без змін	x <sub>50</sub>	0,00	Без змін	x <sub>75</sub>	0,00	Без змін
y <sub>15</sub>	0,00	Без змін	x <sub>26</sub>	0,00	Без змін	x <sub>51</sub>	0,14	Спадає	x <sub>76</sub>	0,00	Без змін
x <sub>2</sub>	0,00	Без змін	x <sub>27</sub>	0,00	Без змін	x <sub>52</sub>	0,00	Без змін	x <sub>77</sub>	0,00	Без змін
x <sub>3</sub>	0,00	Без змін	x <sub>28</sub>	0,00	Без змін	x <sub>53</sub>	0,00	Без змін	x <sub>78</sub>	0,00	Без змін
x <sub>4</sub>	0,00	Без змін	x <sub>29</sub>	0,00	Без змін	x <sub>54</sub>	0,00	Без змін	x <sub>79</sub>	0,00	Без змін
x <sub>5</sub>	0,00	Без змін	x <sub>30</sub>	0,00	Без змін	x <sub>55</sub>	2,87	Спадає	x <sub>80</sub>	0,00	Без змін
x <sub>6</sub>	0,00	Без змін	x <sub>31</sub>	0,00	Без змін	x <sub>56</sub>	0,00	Без змін	x <sub>81</sub>	0,00	Без змін
x <sub>7</sub>	0,00	Без змін	x <sub>32</sub>	0,00	Без змін	x <sub>57</sub>	0,00	Без змін	x <sub>82</sub>	0,00	Без змін
x <sub>8</sub>	0,00	Без змін	x <sub>33</sub>	0,00	Без змін	x <sub>58</sub>	0,00	Без змін	x <sub>83</sub>	5,77	Зростає
x <sub>9</sub>	0,00	Без змін	x <sub>34</sub>	<b>26,80</b>	<b>Спадає</b>	x <sub>59</sub>	0,00	Без змін	x <sub>84</sub>	0,00	Без змін
x <sub>10</sub>	0,00	Без змін	x <sub>35</sub>	2,89	Зростає	x <sub>60</sub>	0,00	Без змін	x <sub>85</sub>	0,00	Без змін
x <sub>11</sub>	0,00	Без змін	x <sub>36</sub>	0,00	Без змін	x <sub>61</sub>	0,00	Без змін			

За результатами дослідження моделі з усіх досліджуваних факторів був встановлений достовірний вплив на чисельність зайців лише двох з них: максимальна температура повітря (x<sub>34</sub>) та кількість опадів (x<sub>46</sub>) у вересні. Причому, для першого із зазначених факторів встановлено наявність зворотного впливу, тобто зниження максимальної температури повітря у вересні сприяє збільшенню чисельності тварин досліджуваного виду. Крім того, прямий вплив на чисельність зайців має збільшення кількості опадів у вересні.

Зосередження результуючих показників саме у вересні може мати кілька причин: саме цього місяця у *Lepus europaeus* Pall. народжується останній виводок дитинчат, а також можуть розпочинатись локальні міграції та линька, що може залежати як від тривалості світлового дня, так і від температури повітря [17, 19].

Особливої уваги заслуговує і стійкість зміни обох досліджуваних факторів впродовж досліджуваного періоду: максимальна температура повітря завжди характеризується зниженням, тоді як кількість опадів – зростанням показників. Також варто відзначити абсолютні значення вагових коефіцієнтів. Для обох досліджуваних факторів вони є суттєво більшими 10%, що свідчить про їх значний вплив на результуючий показник. При цьому вагові коефіцієнти для фактора опадів приблизно у 2 рази перевищують значення коефіцієнтів для фактора максимальної температури вересня.

Однак, безпосередньо пов'язувати зміни чисельності популяції зайців парку тільки з виявленими факторами було б неправильним. Важливим моментом при дослідженні відповідей відкритих систем, якою є і популяція, на зовнішні подразники є необхідність врахування ефекту «запізнення», що широко відомий для біологічних систем [20, 21]. Зміна темпів розмноження популяції має адаптивний характер. За способом дії – це від'ємні зворотні зв'язки, як і стабілізують популяцію. Але через нерівновагу, що постійно виникає

між популяцією та середовищем перш за все через інерцію біологічних систем, що виражається у вигляді реакції затримки на зовнішні впливи (так званий лаг-ефект), природний добір постійно коригує плодючість [22].

## 5. Висновки і пропозиції

На прикладі НПП «Вижницький» подані результати використання інформаційної системи багаторівневого моніторингу для виявлення тенденцій впливу кліматичних умов на чисельність популяції об'єктів біологічного моніторингу. Доведена ефективність використання динаміки популяцій дрібних ссавців (наприклад, зайця сірого) як одного з показників моніторингу локальних змін клімату. Встановлено зворотний вплив максимальної температури повітря та прямий вплив кількості опадів у вересні місяці на чисельність популяції зайця сірого. Таким чином, використання моніторингових інформаційних систем дозволяє автоматизувати рутинні роботи та виділяти індивідуальну впливовість факторів в умовах багатфакторності довкілля.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Голуб С.В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища / Голуб С.В. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 220 с.
2. Дюк В.А. Формування знань у системах штучного інтелекту: геометричний підхід / В.А. Дюк // Вісник академії технічної творчості. – 1996. – № 2. – С. 46 – 67.
3. Пількевич І.А. Математическая модель динамики популяций животного мира: зб. наук. пр. / І.А. Пількевич, О.В. Маєвський // ИПМЭ НАНУ. Моделювання та інформаційні технології. – 2011. – № 59. – С. 32 – 41.
4. Пількевич І.А. Математичне моделювання динаміки популяцій / Пількевич І.А. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2010. – 87 с.
5. Маєвський А.В. Математическое моделирование динамики популяций / А.В. Маєвський, І.А. Пількевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 3/6 (45). – С. 50 – 53.
6. Пількевич І.А. Теоретичне обґрунтування моделі динаміки популяцій Лоткі-Вольтерра / І.А. Пількевич, О.В. Маєвський // Вісник ЖДТУ. – 2010. – № 3 (54). – С. 79 – 83.
7. Пількевич І.А. Екологія: динаміка популяцій: зб. наук. пр. / І.А. Пількевич, В.І. Котков, О.В. Маєвський // Подільський державний аграрно-технічний університет. Спец. вип. до V міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». – Кам'янець-Подільський, 2010. – С. 15 – 19.
8. Пількевич І.А. Математические модели динамики популяций копытных животных, обитающих в охотничьих хозяйствах Украины: зб. наук. пр. / І.А. Пількевич, О.В. Маєвський // Донецький державний університет управління. – (Серія «Державне управління»). – 2011. – Т. XII, № 181. – С. 41 – 51.
9. Кудрявцева Т.В. Роль климатических факторов в размещении населения и динамике численности зайца-русака (*Lepus europaeus* Pall.) на юге Средней Сибири / Т.В. Кудрявцева, М.Н. Смирнов // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2008. – Вып. 3. – С. 148 – 153.
10. Федюшко М.П. Вплив пестицидів на чисельність зайця-русака в Північному Приазов'ї / М.П. Федюшко // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. – 2013. – № 2 (8). – С. 289 – 295.
11. Гашев С.Н. Динамика численности мелких млекопитающих и особенности ее прогнозирования в экологическом мониторинге / С.Н. Гашев // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. – № 12. – С. 140 – 150.
12. Истомин А.В. Климатические флуктуации и популяционная динамика ценозообразующих видов в эталонных лесных экосистемах Главного Русского водораздела / А.В. Истомин // Вестник Псковского государственного педагогического университета. – (Серия «Естественные и физико-математические науки»). – Псков, 2007. – Вып. 2. – С. 45 – 61.



13. Голуб С.В. Формування структури страт в інформаційній системі соціогігієнічного моніторингу / С.В. Голуб, В.Ю. Немченко // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: Харківський університет повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2015. – Вип. 5 (130). – С. 70 – 73.
14. Ивахненко А.Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей / А.Г. Ивахненко, Й.А.К. Мюллер. – Киев: Наукова думка, 1985. – 221 с.
15. Колосов А.М. Биология зайца-русака / А.М. Колосов, Н.Н. Бакеев. – М.: Изд-во МОИП, 1947. – 103 с.
16. Наумов С.П. Экология зайца-беляка / Наумов С.П. – М., 1947. – 208 с.
17. Кириллов Ю. Заяц-русак на Украине / Ю. Кириллов // Охота и охотничье хозяйство. – 1956. – № 10. – С. 25.
18. Мигулин А.А. Заяц-русак в лесостепи и степи Украины / А.А. Мигулин // Развитие охотничьего хозяйства Украинской ССР. – Киев, 1973. – С. 216 – 218.
19. Петров П. О коэффициенте реального прироста зайца-русака и обуславливающих его факторах / П. Петров // Материалы VII конгресса междунар. союза науч. работников по охотоведению. – Белград: Kosmos, 1967. – С. 377 – 381.
20. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии / Ризниченко Г.Ю. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». Центр компьютерных исследований, 2003. – 184 с.
21. Murray J.D. Mathematical biology. An introduction / Murray J.D. – New York-Berlin: Springer, 2002. – 576 p.
22. Биологическая кибернетика: учебн. пособ. для университетов / А.Б. Коган, Н.П. Наумов, В.Г. Режабек, О.Г. Чораян. – М.: Высшая школа, 1972. – 384 с.

*Стаття надійшла до редакції 10.12.2015*