

УДК 004:591.5:612

О. М. Ключко, канд. біол. наук, доц.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БІОФІЗИКИ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ АЕРОПОРТІВ

Інститут аеронавігації НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

*Описані результати розробки нової системи для моніторингу екологічного стану довкілля аеропортів, у яку введені ряд структурних елементів та методик, розроблених на основі аналогів з галузі біофізики.*

**Ключові слова.** Система для моніторингу, довкілля, екологія, аеропорт, екобезпека, захист інформації.

**Вступ.** Сучасні традиційні технології не гарантують екологічної безпеки функціонування аеропортів, зокрема, системи моніторингу не забезпечують своєчасної, достатньо повної інформації про медико-біологічні аспекти екологічних загроз, що містять продукти функціонування аеропортів [1]. Тому для забезпечення стабільного функціонування аеропортів – основних шляхів міжнародних зв'язків України, збереження та відновлення навколишнього середовища навколо них, необхідна розробка нових систем екологічного моніторингу і технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища на основі новітніх інформаційно-комп'ютерних технологій [2]; також прогресивним кроком є подальше системне дослідження забруднюючих речовин з авіаційних викидів, дослідження їх впливу на організми різних рівнів ієрархії, подальший розвиток новітніх інформаційних технологій (ІТ) для цих галузей діяльності, втілення досягнень біоніки в розробку засобів та методів екологічного моніторингу [2], з наступним їх застосуванням для удосконалення екологічної безпеки аеропортів, особливо великих за розмірами та тих, що інтенсивно функціонують. Саме ці ідеї були покладені в основу виконаної автором шукової роботи зі створення нової системи для моніторингу екологічного стану довкілля аеропортів, у яку введені ряд структурних елементів та методик, розроблених на основі аналогів з галузі біофізики.

**Постановка задачі.** Задача даної роботи полягала у тому, щоб розробити теоретичні основи та створити нову систему для моніторингу екологічного стану довкілля аеропортів, у яку введені ряд структурних елементів та методик, розроблених на основі аналогів з галузі біофізики.

**Основна частина. Органічні забруднювачі довкілля аеропортів та необхідність подальшого удосконалення технічних систем моніторингу таких забруднень.** Для вирішення задач екологічної безпеки в світі постійно створюють все нові системи екологічного моніторингу, технічні засоби контролю за станом довкілля. Проте кожен наступний рік вимагає нових, удосконалених рішень цих задач внаслідок численних реальних причин: підвищення інтенсивності роботи аеропортів, регулярних екологічно шкідливих викидів, особливо на злітно-посадковій смугі при злеті сотень літаків щодня, при катастрофах літаків, що найчастіше стаються при приземленні, розливах пального при заправці літаків. Ці численні та регулярні екологічно шкідливі та токсичні викиди створюють на значних територіях аеропортів та у смугі радіусом до 10 км за периметрами аеропортів передумови для постійної зміни екологічних характеристик довкілля, де проживають біоорганізми [1]. Всі ці фактори зміненого довкілля ще недостатньо досліджені щодо того, які потенційні небезпеки виникають у них для біоорганізмів.

Органічні сполуки у викидах літаків становлять значну небезпеку для живих організмів у зоні забруднення [1]. Такі забруднювачі нелегко досліджувати – сполуки численні самі по собі, в природі утворюють різноманітні форми, вже встановлено, що багато з них є токсичними та шкідливими для біоорганізмів. У своїх дослідженнях ми спробували удосконалити та розробити систему екологічного моніторингу та технічних засобів контролю за станом навколишнього середовища. Зокрема, виконати експериментальне та теоретичне обґрунтування, розробку нових наукових методів дослідження впливу деяких екотоксинів та окремих речовин (похідних фенолу та індолу з поліаміновими ланцюгами різного ступеня складності), компонентів забруднень від авіадвигунів, наслідків авіаційних подій – потенційних джерел техногенних забруднень навколо авіаційних об'єктів, що впливають на біоорганізми різних рівнів ієрархії, особливо на їх нейрони. Кількісне дослідження дії органічних речовин - похідних фенолу та індолу, інших хімічних агентів автор у своїх попередніх роботах вже виконувала при їх дії на трансмембранні електричні хемокеровані струми (ТЕХ-струми) у нейронах

мозку щура [5, 6]. Ці надзвичайно високоточні методи розвивалися протягом останніх близько 30 років і описані у численних джерелах: методи фіксації потенціалу та концентрації на мембрані нейрону [3, 5, 6, 7], петч-клемп [4]. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій (ІКТ) в медико-біологічних галузях започаткували ще академіки Амосов Н.М., Глушков В.М., Костюк П.Г. та представники їх наукових шкіл (Шкабара Е.А., П'ятигорський Б.Я. та багато інших) [3, 4]. На сьогоднішній день вже на базі сучасного рівня ІКТ ці підходи плідно розвивають академік Кришталь О.А., доктори наук Белан П.В., Войтенко Н.В., Пивнева Т.А. та їх колеги [2, 3, 5, 6]. Автор даної статті пропонує виконувати вимірювання параметрів забруднення довкілля саме такими високоточними методами, досконало розробленими знаними науковцями-попередниками.

**Розробка технічної системи екомоніторингу. Вимірювання параметрів дії екотоксинів підсистемами моніторингу.** Якщо виходити із класичних уявлень, то процес моніторингу уявляють у наступній послідовності:

Довкілля (чи об'єкт) – вимірювання параметрів різними підсистемами моніторингу – збір та передача інформації – обробка та представлення даних – прогнозування.

Для дослідження впливу речовин – органічних забруднювачів довкілля у якості першої функціональної підсистеми моніторингу пропонуємо застосувати технічні системи та відповідно розроблені методики внутрішньоклітинної перфузії нейрону, фіксації потенціалу та концентрації на мембрані нейрону [3, 5, 6, 7], петч-клемп [4]. Так, у наших роботах вплив токсичних органічних сполук на електро- та хемокеровані струми іонів через мембрани нейронів досліджували методом внутрішньоклітинної перфузії в режимі фіксації потенціалу на мембрані у сполученні з методом швидкої зміни внутрішньоклітинного розчину [5, 6]. Фото одного із варіантів експериментальної камери наведена на рис. 1, схема дослідної установки на рис. 2. Для такого дослідження нейрон ізольовують із цілісного мозку комплексами протеолітичних, або інших відповідно підібраних ферментів. Під час проведення електрофізіологічних дослідів всі отримані нейрони зберігають електростимульованість.



Рис. 1. Фото одного із варіантів гідромеханічного блоку експериментальної установки та електродів.

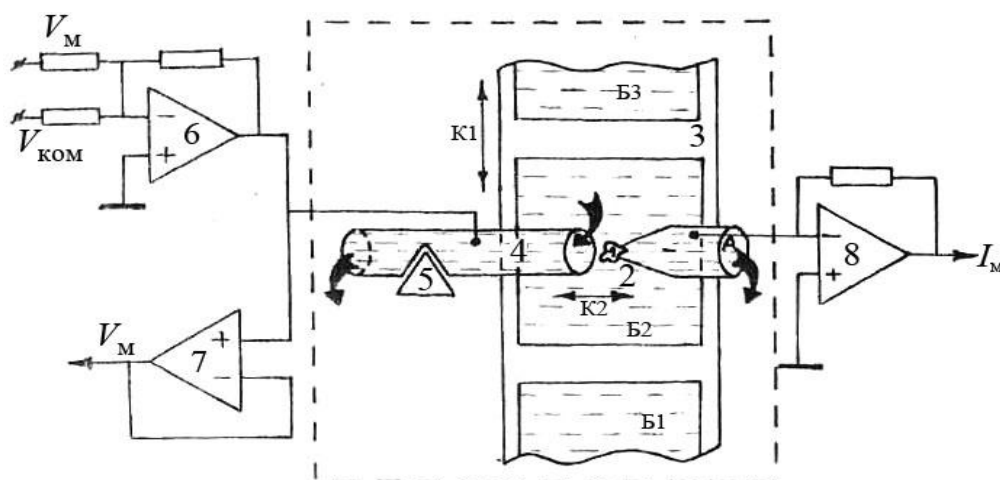


Рис. 2. Схематичне зображення експериментальної установки для дослідження впливу токсичних речовин на трансмембранні електричні струми.

1 – нейрон на порі скляної мікропіпетки; 2 – піпетка, заповнена розчином А для внутрішньоклітинної перфузії, пересувна кювета з різними розчинами для аплікації (Б1, Б2, Б3) в 3-х різних камерах; стрілка К1 – показує направлені переміщення камер з цими розчинами; 4 – трубка, в якій клітина 1 переносилася з однієї камери в іншу, в ній же відбувались аплікації речовин на поверхню мембрани при виконанні наступних процедур; клітина 1 на мікропіпетці 2 вводилася в трубку 4 (стрілка К2 показує напрямок переміщення); при відкритті електромагнітного клапана 5 здійснювалась швидка аплікація розчину Б2, який всисається в трубку за рахунок від'ємного гідростатичного тиску; темними стрілками показано напрям розчинів при аплікації в трубці 4 та мікропіпетці 2 при посадці клітини на пору; пунктирна лінія обмежує механічну частину схеми експериментальної установки; 6 – підсилювач підтримуваного потенціалу  $V_m$  та команди  $V_{ком}$ ; 7 – Вимірювач потенціалу; 8 Підсилювач реєстрованих трансмембранних струмів

**Система для екомоніторингу «ЕкоІС»: наступні функціональні підсистеми.** Ряд виконаних нами робіт присвячено практичним розробкам електронних систем для моніторингу довкілля [2, 8] на прикладі авторських робіт з моніторингу біоорганізмів (Noctuidae, Lepidoptera) у різних регіонах України та країн – ближніх сусідів. Екологічний моніторинг довкілля аеропортів за допомогою подібних систем обліку метеликів чи інших комах у районах аеропортів уже намагалися проводити раніше у США [2]. Нами було розроблено теоретичні основи, а згодом створено ІС з БД, що була названа «ЕкоІС» для екомоніторингу довкілля, а також для обліку чисельності та видів Noctuidae (Lepidoptera) [2]. Ця система містила, у тому числі, БД зображень видів комах Noctuidae (Lepidoptera) при їх дослідженні в Україні та горах Приельбрусся (Кавказ, Росія). Основні етапи процесінгу даних моніторингу біооб'єктів при створенні ІС наведено на рис. 3.



Рис. 3. Два етапи процесінгу даних моніторингу біооб'єктів на основі створення БД: етап 1 – створення колекцій біоорганізмів (КБО) та електронних БД; етап 2 – моніторинг популяцій та ареалів видів біоорганізмів (біооб'єктів) з використанням моделей на основі БД [2]

Сам процес виконання робіт відбувався за наступними етапами.

- Було розглянуто проблеми створення мережеских М-Б ІС з БД, в тому числі БД зображень, з розподіленими БД;
- розглянуто проблеми проектування БД для зоології, екології, з даними екомоніторингу;
- виконано загальний огляд методів математичного та програмного моделювання для завдань такого типу;
- розглянуто основні етапи та алгоритм побудови моделей на основі М-Б даних (для мережеских ІС);
- наведено результати роботи зі створення системи «ЕкоІС» для екомоніторингу, що являє собою

тІС як академічного призначення, так і електронною системою моніторингу у районах з авіаційними об'єктами, будучи мережевою системою з розподіленими БД про Noctuidae (Lepidoptera);

– розглянуто алгоритми екомоніторингу фауни з використанням можливостей академічних тІС та мереж з розподіленими БД біоорганізмів;

– продемонстровано ефективність новітніх методів екологічного моніторингу популяцій біоорганізмів на основі мережевих тІС з розподіленими БД видів, включаючи математичний аналіз даних, отриманих в умовах широкомасштабно розподілених по території країни точок моніторингу;

– продемонстровано застосування розроблених методів та результати моніторингу біооб'єктів у заповіднику Стрільцівський степ (Луганська обл, Україна) (табл. 1) і для порівняльного аналізу цих же біооб'єктів в умовах гірських регіонів Карпат (Україна) та Кавказу (Росія) [2].

Отже, з технічної сторони система «ЕкоІС» являє собою набір комп'ютеризованих пунктів спостереження, поєднаних у мережу та укомплектованих розробленим програмним забезпеченням. Структурна схема системи наведена на рис. 4, 5. Інформацію у пунктах спостереження зоологи (або аматори) заносять у БД своїх комп'ютерів, з яких вона надходить у центр обробки та аналізу інформації, може передаватися по мережі та бути доступною для всіх користувачів цієї мережі. Прототипом «ЕкоІС» слугувала система моніторингу біоорганізмів, розроблена в Австралії для стеження за міграціями сарани [8]. Проте наша система має вітчизняні відмінності, пов'язані з тим, що в Україні традиційно розвинута мережа університетів, біостанцій, заповідників, де десятиліттями накопичується інформація на паперових носіях, та яку доцільно використати для створення електронних БД системи «ЕкоІС»



Рис. 4. Фрагмент 1 структурної схеми тІС «ЕкоІС» для екомоніторингу, стеження за міграціями комах [8]

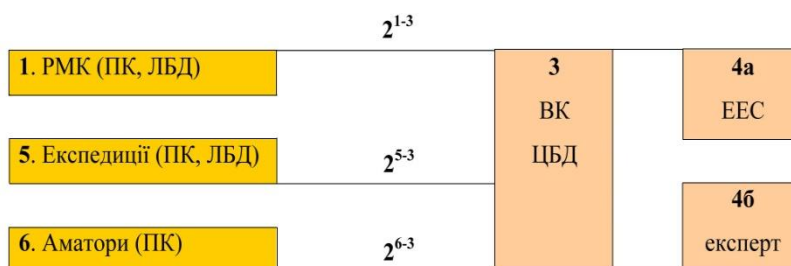


Рис. 5. Фрагмент 2 структурної схеми тІС «ЕкоІС» для екомоніторингу, для стеження за міграціями біооб'єктів [8]

Таблиці з інформацією, упорядкованою в БД системи «ЕкоІС» зручні для користування, зразок такої таблиці наведено для результатів моніторингу совок у заповіднику Стрільцівський степ (табл. 1).

Таблиця 1

**Результати динаміки чисельності видів біооб'єктів отримані як результат багаторічного моніторингу фауни (фрагмент таблиці)**

| Назва виду | Кількість комах, зареєстрованих в різні роки |           |      |      | Розподіл за біотопами |
|------------|--|-----------|------|------|-----------------------|
|            | 1965   | 1996-2002 | 2006 | 2007 |                       |
|            | 19   | 19        | 20   | 200  |                       |
|            | 65   | 96-2002   | 06   | 7    |                       |

|                                  |         |   |    |    |     |
|----------------------------------|---------|---|----|----|-----|
| Eublemma purpurina Den.& Schiff. | 31      |   | 21 | 8  | Лст |
| Phytometra viridaria Cl.         | 30      | 1 | 2  | 2  | Лст |
| Lygephila lusoria L.             |         | 3 |    | 3  | Лст |
| L. lubrica L.                    | 33      | 8 | 3  | 4  | Лст |
| L. craccae F.                    | 34      |   | 3  |    | Ллс |
| Drasteria caucasica Kol.         | 28      |   | 2  | 1  | Ст  |
| Euclidia triquetra Den.& Schiff. | 46<br>4 | 1 | 6  | 1  | Ст  |
| Catocala hymenaea Den.& Schiff.  |         | 1 | 56 | 26 | Лс  |
| Abrostola tripartita Hufn.       | 12      | 2 | 4  | 2  | Ллс |
| A. asclepiadis Den. & Schiff.    | 2       |   | 26 | 3  | Лст |

**Позначення:** Евр – еврибіонти, Лст – лісостепові види, Ст – степові види, Ллс – лучно-лісові види.

**Висновки.** Основними досягненнями виконаних робіт є наступне.

1. Розробка теоретичних основ створення електронної мережевої системи «ЕкоІС» для моніторингу біоорганізмів, включаючи розробку алгоритмів, частково математичного та програмного забезпечення. Для моніторингу екологічного стану довкілля аеропортів у цю систему були введені ряд структурних елементів та методик, розроблених на основі аналогів з галузі біофізики.

2. У якості підсистеми вимірювання параметрів кількості та якості забруднюючих речовин у довкіллі аеропортів запропоновано застосувати аналітичну систему на основі розроблених раніше аналогів технічних вимірювальних систем трансмембранних електричних струмів у нейронах організму та відповідно розроблені методики (перфузії клітин, фіксації потенціалу на мембрані, петч-клемп, інші відповідні).

3. Для виконання екологічного моніторингу довкілля аеропортів за кількістю видів та загальною кількістю живих організмів запропоновано застосувати розроблену автором технічну систему для екомоніторингу «ЕкоІС».

4. Було створено перший зразок «ЕкоІС» з базами даних, використовуючи дані щодо видів совок (Noctuidae, Lepidoptera) України. З технічної сторони система «ЕкоІС» являє собою набір комп'ютеризованих пунктів спостереження, поєднаних у мережу та укомплектованих розробленим програмним забезпеченням. Інформацію у пунктах спостереження зоологи (або аматори, інші користувачі) заносять у БД своїх комп'ютерів, з яких вона надходить у центр обробки та аналізу інформації, може передаватися по мережі та бути доступною для всіх користувачів цієї мережі.

5. Була виконана розробка відповідних методів моніторингу.

#### Список літератури

1. Франчук Г. М. / Екологія, авіація і космос. Франчук Г. М., Ісаєнко В. М. – К: НАУ, 2005.- 456 с.
2. Ключко О. М. Інформаційно-комп'ютерні технології в біології та медицині (монографія) / О. М. Ключко. – К. : Вид-во НАУ. – 2008. – 252 с.
3. Костюк П. Г. Механизмы электрической возбудимости нервной клетки / П. Г. Костюк, О. А. Крышталь. – М.: Наука, 1981. – 204 с.
4. Сигворс Ф. Регистрация одиночных каналов / Сигворс Ф., Сакман Б., Неер Э. – М.: Мир, 1987. – 448с
5. Pharmacological properties of amino – acid receptors in isolated hippocampal neurons / [Krishtal O., Kiskin N., Tsyndrenko A., Klyuchko E.] // "Walter de Gruyter" – Berlin (Germany), Receptors and ion channels. – 1987. – P. 127 – 137.
6. Akaike N. Spider toxin blocks excitatory amino-acid responses in isolated hippocampal pyramidal neurons / Akaike N., Kawai N., Kiskin N. I., Klyuchko E. M., Krishtal O.A., Tsyndrenko A. Ya. // Neuroscience Letters. – 1987. – V. 79. – P. 127 – 137.
7. Ключко О. М. Комп'ютерне моделювання деяких нанoeлементів для радіотехнічних та телевізійних систем / Ключко О.М., Пашківський А. О., Шеремет Д. Ю. // Електроніка та системи управління. – 2012. – №3 (33). – С. 102–107.
8. Ключко О. М. Концепція передавання сигналів у комп'ютерних мережах в сучасній екологічній та сільськогосподарській практиці / О. М. Ключко. – К. : Вид-во НАУ, «Електроніка та системи управління», № 4(22), 2009. – С. 36–41.