

OLES HONCHAR DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY
(UKRAINE)

«TELEPRESINFORM» AGENCY (UKRAINE)
CORDOBA UNIVERSITY (SPAIN)
SCIENTIFIC COUNCIL FOR SOIL SCIENCE ISSUES
OF NAS OF UKRAINE (UKRAINE)

WITH THE ASSISTANCE OF:
RESEARCH AND TRAINING CENTER OF O. GONCHAR DNU –
A. L. BELGARD PRYSAMARYA BIOSPHERIC STATION

ECOLOGY AND NOOSPHEROLOGY

Vol. 25 2014
no. 3–4

Scientific Journal
Founded in 1995

www.uenj.cv.ua

Kyiv – Dnipropetrovsk
2014

EDITORIAL BOARD:

A. P. Travleyev (Editor-in-Chief); *J. M. Recio Espejo* (Associate Editor); *J. G. Ray* (Associate Editor); *K. M. Sytnik* (Associate Editor); *V. G. Radchenko* (Associate Editor); *V. A. Nikorych* (Associate Editor); *V. V. Morgun* (Associate Editor); *A. V. Bogovin* (Associate Editor); *V. M. Petrenko* (Associate Editor); *V. A. Gorban* (Managing Editor); *N. A. Bilova*; *M. K. Chartko*; *V. S. Chernyshenko*; *Yu. M. Chornobai*; *S. G. Chornyi*; *Ya. P. Diduh*; *O. Z. Glukhov*; *M. A. Golubets*; *D. M. Grodzinsky*; *F. Gurbuz*; *A. V. Elska*; *I. G. Emelyanov*; *A. V. Ivashov*; *V. V. Khutorynyj*; *I. Yu. Kostikov*; *N. R. Korpeyev*; *S. S. Kostyshin*; *A. A. Kotchubey*; *I. A. Mal'tseva*; *M. D. Mel'nichuk*; *V. I. Monchenko*; *S. L. Mosyakin*; *Ya. I. Movchan*; *L. P. Mytsyk*; *E. Nevo*; *V. V. Nykyforov*; *V. I. Parpan*; *N. V. Polyakov*; *V. D. Romanenko*; *S. S. Rudenko*; *V. V. Shvartau*; *E. V. Shein*; *Yu. R. Shelyag-Sosonko*; *S. O. Shoba*; *Gu Siyu*; *S. Skiba*; *O. O. Sozynov*; *P. C. Srivastava*; *V. S. Stogniy*; *E. Strbova*; *I. V. Tsarik*; *N. N. Tsvetkova*; *S. P. Wasser*; *D. G. Zamolodchikov*; *Yu. P. Zaytsev*; *V. M. Zverkovsky*.

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

J. G. Ray (Associate Editor); *J. M. Recio Espejo* (Associate Editor); *M. K. Chartko*; *F. Gurbuz*; *N. R. Korpeyev*; *E. Nevo*; *E. V. Shein*; *S. O. Shoba*; *Gu Siyu*; *S. Skiba*; *P. C. Srivastava*; *E. Strbova*; *D. G. Zamolodchikov*.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **А. П. Травлєсв** (голов. редактор); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Еспехо** (заст. голов. редактора, Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Д. Г. Замолодчиков** (заст. голов. редактора, Індія); акад. НАНУ, д-р біол. наук **К. М. Ситник** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. Г. Радченко** (заст. голов. редактора); канд. біол. наук **В. А. Нікорич** (заст. голов. редактора); акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Морсун** (наук. редактор); д-р біол. наук **А. В. Бозовін** (наук. редактор); канд. іст. наук **В. М. Петренко** (наук. редактор); канд. біол. наук **В. А. Горбань** (відп. секретар); д-р біол. наук **Н. А. Білова**; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **С. П. Вассер**; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **О. З. Глухов**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **М. А. Голубець**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Д. М. Гродзинський**; д-р біол. наук **Gu Siyu** (Китай); д-р біол. наук **F. Gurbuz** (Туреччина); чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **Я. П. Дідух**; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **І. Г. Ємельянов**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Г. В. Єльська**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Ю. П. Зайцев**; д-р біол. наук **Д. Г. Замолодчиков** (Росія); д-р біол. наук **В. М. Зверковський**; д-р біол. наук **А. В. Івашиов**; акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук **Н. Р. Корпєєв** (Туркменістан); д-р біол. наук **І. Ю. Костіков**; д-р біол. наук **С. С. Костишин**; д-р фіз.-мат. наук **О. О. Кочубей**; д-р біол. наук **І. А. Мальцева**; акад. НААНУ, д-р біол. наук **М. Д. Мельничук**; д-р біол. наук **Л. П. Мицик**; д-р біол. наук **Я. І. Мовчан**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. І. Монченко**; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **С. Л. Мосякін**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Е. Нево** (Ізраїль); д-р біол. наук **В. В. Нікіфоров**; д-р біол. наук **В. І. Парпан**; д-р фіз.-мат. наук **М. В. Поляков**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **В. Д. Романенко**; д-р біол. наук **С. С. Руденко**; д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); акад. НАНУ, акад. НААНУ, д-р с.-г. наук **О. О. Созінов**; д-р біол. наук **Р. С. Srivastava** (Індія); канд. техн. наук **В. С. Стогній**; канд. техн. наук **В. В. Хуторний**; д-р біол. наук **Й. В. Царик**; д-р біол. наук **Н. М. Цветкова**; канд. фіз.-мат. наук **В. С. Чернищенко**; д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь); д-р с.-г. наук **С. Г. Чорний**; д-р біол. наук **Ю. М. Чорнобай**; чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук **В. В. Швартау**; акад. НАНУ, д-р біол. наук **Ю. Р. Шеляг-Сосонко**; д-р біол. наук **Є. В. Шейн** (Росія); чл.-кор. РАН, д-р біол. наук **С. О. Шоба** (Росія); канд. біол. наук **Е. Штрбова** (Словаччина).

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Акад. УЕАН, д-р біол. наук **Ж. М. Ресіо Еспехо** (Іспанія); акад. УЕАН, д-р біол. наук **Д. Г. Замолодчиков** (Індія); д-р біол. наук **Gu Siyu** (Китай); д-р біол. наук **F. Gurbuz** (Туреччина); д-р біол. наук **Д. Г. Замолодчиков** (Росія); акад. АН Туркменістану, д-р біол. наук **Н. Р. Корпєєв** (Туркменістан); акад. НАНУ, д-р біол. наук **Е. Нево** (Ізраїль); д-р біол. наук **С. Скіба** (Польща); д-р біол. наук **Р. С. Srivastava** (Індія); д-р геогр. наук **М. К. Чертко** (Білорусь); д-р біол. наук **Є. В. Шейн** (Росія); чл.-кор. РАН, д-р біол. наук **С. О. Шоба** (Росія); канд. біол. наук **Е. Штрбова** (Словаччина).

Рекомендовано до друку Вченою радою
Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара
(протокол № 10 від 21.03.2013 р.)

Адреса редколлегии: Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна; ТОВ «Агентство «Телепресінформ», вул. Івана Кудрі, 26, м. Київ, Україна; Телефони: (056) 792-78-82, (0562) 76-83-81. Web-сторінка: www.uenj.cv.ua. E-mail: ecologgrunt@yahoo.com

© Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2014
© ТОВ «Агентство «Телепресінформ», 2014

TABLE OF CONTENTS

BIOGEOCENOLOGY, GEOBOTANY AND PHYTOCENOLOGY

<i>Mosula M. Z., Mayorova O. Yu., Hrytsak L. R., Mel'nyk V. M., Drobyk N. M., Kunakh V. A.</i> Ecological and genetic analysis of <i>Gentiana lutea</i> L. populations from Ukrainian Carpatians	5
<i>Chykailo Y. I., Voloshin I. M.</i> Ecological-geographical analysis of vegetation of near-roads zones of transport corridor Lviv–Krakovets	14
<i>Dzjuba O. I., Yatsenko M. V.</i> Ecological and physiological as well as biochemical properties of representatives of the Genus <i>sedum</i> L.	24
<i>Gavrikova V. S., Ignatyuk O. A.</i> The dynamics of fluctuating asymmetry of <i>Acer platanoides</i> L. leaves in urbanized environment	34

FOREST BIOGEOCENOLOGY

<i>Olijnyk M. P., Parpan V. I.</i> The dynamics of systematic structure floral complexes on the old fields during secondary succession	45
<i>Goncharenko I. V., Holyk H. M.</i> Kyiv park "Nivki" and "Teremki" forests and ecological analysis of their habitats	53

ZOOCENOSES AS A COMPONENT OF BIOGEOCENOSIS

<i>Mustafayeva G. A.</i> The study of oleander scale (<i>Aspidiotus nerii</i> Bche) and the way of diluting its entomophages in Azerbaijan	69
<i>Grabovska S. L., Kolodochka L. O.</i> Mites of the family Phytoseiidae (Parasitiformes, Mesostigmata) at the plants in Brovary town	77

ECOLOGICAL SOIL SCIENCE

<i>Tagunova Ye. O.</i> Peculiarities of manganese and lead distribution in soils of Samara Dniprovskaya river valley ecosystems	84
---	----

MATHEMATICAL MODELING IN ECOLOGY

<i>Poltoratskaya V. N.</i> Mathematical model to assess the actual environmental risk from the point source emissions	91
---	----

HUMAN AND SPACE

<i>Mizin V. V., Isakov O. A., Voitenko M. A., Lyashenko V. P.</i> Interrelation between psychophysiological indices and autonomic adaptive response youth information overload	99
<i>Turitskaya T. G., Sidorenko A. G.</i> Electrical activity dynamics of the hippocampus under caffeine influence	107
<i>Baldin A. A.</i> Ecological aspect of launch vehicles development by criterion of minimal cost	114

SHORT REPORTS

<i>Pishak V. P.</i> V. I. Vernadsky and development of the theoretical foundations of ecology	120
---	-----

REVIEWS

<i>Bilova N. A., Travleyev A. P.</i> Sumarokov A. M. Renewal of biotic potential of biogeocenoses at reduction in pesticide loadings. – Donetsk, 2009. – 194 p.	124
--	-----

TO AUTHORS' ATTENTION	134
------------------------------------	-----

З М І С Т

БІОГЕОЦЕНОЛОГІЯ, ГЕОБОТАНІКА ТА ФІТОЦЕНОЛОГІЯ

<i>Мосула М. З., Майорова О. Ю., Грицак Л. Р., Мельник В. М., Дробик Н. М., Кунах В. А.</i> Еколого-генетичний аналіз популяцій <i>Gentiana lutea</i> L. в Українських Карпатах	5
<i>Чикайло Ю. І., Волошин І. М.</i> Еколого-геохімічний аналіз рослинності приавтомагістральних смуг транспортного єврокоридора Львів–Краковець	14
<i>Дзюба О. І., Яценко М. В.</i> Еколого-фізіологічні та біохімічні властивості представників роду <i>Sedum</i> L.	24
<i>Гаврикова В. С., Ігнатюк О. А.</i> Динаміка флуктуючої асиметрії листків <i>Acer platanoides</i> L. урбанізованих територій	34

ЛІСОВА БІОГЕОЦЕНОЛОГІЯ

<i>Олійник М. П., Парпан В. І.</i> Динаміка систематичної структури флорокомплексів на перелогах протягом вторинної сукцесії	45
<i>Гончаренко І. В., Голик Г. М.</i> Екологічний аналіз місцезростань лісової рослинності парків «Нивки» та «Теремки» м. Києва	53

ЗООЦЕНОЗ ЯК КОМПОНЕНТ БІОГЕОЦЕНОЗУ

<i>Мустафаєва Г. А.</i> Исследование олеандровой щитовки (<i>Aspidiotus nerii</i> Bche) и способ разведения ее энтомофагов в Азербайджане	69
<i>Гравовська С. Л., Колодочка Л. О.</i> Кліщі родини Phytoseiidae (Parasitiformes, Mesostigmata) на рослинах м. Бровари	77

ЕКОЛОГІЧНЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО

<i>Tagunova Ye. O.</i> Peculiarities of manganese and lead distribution in soils of Samara Dniprovsk river valley ecosystems	84
--	----

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОЛОГІЇ

<i>Полторацкая В. Н.</i> Математическая модель оценки фактического экологического риска для одиночного точечного источника	91
--	----

ЛЮДИНА ТА КОСМОС

<i>Мізін В. В., Ісаков О. А., Войтенко М. А., Ляшенко В. П.</i> Взаємозв'язок між психофізіологічними показниками та вегетативними адаптаційними реакціями юнаків на інформаційне навантаження	99
<i>Турицька Т. Г., Сидоренко Г. Г.</i> Динаміка електричної активності гіпокампа за умов тривалого введення кофеїну	107
<i>Балдін О. О.</i> Екологічний аспект створення ракет-носіїв за критерієм мінімальної вартості	114

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

<i>Пішак В. П.</i> В. І. Вернадський і розвиток теоретичних засад екології	120
--	-----

РЕЦЕНЗІЇ

<i>Белова Н. А., Травлев А. П.</i> Сумароков А. М. Восстановление биотического потенциала биогеоценозов при уменьшении пестицидных нагрузок. – Донецк, 2009. – 194 с.	124
--	-----

ДО УВАГИ АВТОРІВ	135
-------------------------------	-----

BIOGEOCENOLOGY, GEOBOTANY AND PHYTOCENOLOGY



M. Z. Mosula¹✉

O. Yu. Mayorova¹

L. R. Hrytsak¹

V. M. Mel'nyk²

N. M. Drobyk¹

V. A. Kunakh²

Cand. Sci. (Biol.)

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

Cand. Sci. (Biol.)

Dr. Sci. (Biol.), Professor

Corresponding member

of NAS Ukraine,

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 575.17:
582.923.1+574.3

¹*Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical
University, M. Kryvonis str., 2, 46027, Ternopil, Ukraine*

²*Institute of Molecular Biology and Genetics of National
Academy of Sciences of Ukraine,
Acad. Zabolotnogo str., 150, 03680, Kyiv, Ukraine*

ECOLOGICAL AND GENETIC ANALYSIS OF *GENTIANA LUTEA* L. POPULATIONS FROM UKRAINIAN CARPATIANS

Abstract. Analysis of five natural (Lemska, Gutyn Tomnatyk, Sheshul-Pavlyk, Krachunyeska, Troyaska-Tataruka) and one man-made (Pozhyzhevska) populations of *G. lutea* of the Ukrainian Carpathians based on the parameters of genetic diversity (polimorphy, heterozygosis, the division of the total genetic variation for intra- and interpopulation) and ecological characteristics (density, age structure, the ability to self-sustaining) as well.

Total (Dt) and effective (De) population density and number of indices: regeneration (RI), substitution (SI), aging (AI), age (Δ) and efficiency (ω) were determined. Vitality analysis of populations was performed by the method of Yu. A. Zlobin, while the type of strategy determined by Y. V. Tsaryk approach. Character of self-sustaining was determined by the ratio between the number of individuals of generative and vegetative origin. Analysis of genetic diversity of populations was performed by labeling inter-satellite sequences (ISSR-PCR) and arbitrary DNA ones (RAPD-PCR). Comprehensive analysis of the population states by their ecological and genetic parameters were performed similarly to the 5-point system of N. M. Beltyukova (2010).

For the first time an integrated ecological and genetic approach to assessing the current state of the six populations of *G. lutea* of Ukrainian Carpathians was used. The research results can be used for stabilizing the number of violations and restoring the endangered natural populations.

It was established that the indices of genetic polymorphism were similar for different investigated populations. It was found significant genetic divergence, which is due to their geographic isolation and differences in growth conditions.

By the results of complex ecological and genetic analysis of *G. lutea* populations were classified into three groups: stable, relatively stable, unstable. The stability of populations (Lemska,

✉ Tel.: +38097-762-40-69. E-mail: majorova@i.ua

DOI: 10.15421/031415

ISSN 1726-1112. Ecology and noospherology. 2014. Vol. 25, no. 3–4

Sheshul-Pavlyk), to our mind, is defined as their environmental and genetic characteristics and location in the conservation area. All this together provides the ability of populations to survive and adapt to changing environmental conditions.

As relatively stable was classified population from Gutyn Tomnatyk mount, which, despite the small number of individuals showed high levels of genetic polymorphism. This conservation of the genetic diversity by scanty isolated populations indicates the fact that *G. lutea* species so far has genetic resources that are capable of restoring the population in case of creation the favorable conditions.

Troyaska-Tataruka and Krachuneska populations was classified as unstable, which is obviously due to positioning of these localities in conditions of heavy anthropogenic pressure and the inability of their individuals to compete with tall shrubs in phytocenoses. The division of localities into separate loci may alter the overall genetic structure of the population; deteriorating of growth conditions may lead to disruption of population structures and, as a result, reduce their stability.

Man-made population on Pozhyzhevska by the results of ecological and genetic analysis was stable. The ability of this population to withstand external influences, to compete with other types of groups and explore new territory was determined. Stability of agropopulation from Pozhyzhevska is evidence that artificial plantations of *G. lutea* in the highlands of Ukrainian Carpathians can serve as a way to preserve the gene pool of this species.

Key words: *Gentiana lutea* L., ecological characteristics of populations, parameters of genetic diversity, differentiation of populations, population status, population strategies.

УДК 575.17:
582.923.1+574.3

М. З. Мосула¹

О. Ю. Майорова¹

Л. Р. Грицак¹

В. Н. Мельник²

Н. М. Дробык¹

В. А. Кунах²

канд. биол. наук

канд. биол. наук, доц.

канд. биол. наук

д-р биол. наук, проф.

чл.-кор. НАН Украины,

д-р биол. наук, проф.

¹Тернопольский национальный педагогический университет им. В. Гнатюка,
ул. М. Кривоноса, 2, 46027, Тернополь, Украина,

²Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины,
ул. Академика Заболотного, 150, 03680, Киев, Украина,
тел.: +38097-762-40-69, e-mail: majorova@i.ua

ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ *GENTIANA LUTEA* L. В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ

Проведена комплексная оценка состояния шести популяций редкого эндемического вида *Gentiana lutea* L. Украинских Карпат. Исследованы параметры генетического разнообразия и экологические характеристики популяций. Установлено, что для разных исследованных популяций показатели генетического полиморфизма были похожими. Выявлена достоверная отрицательная высокая корреляция между индексом возрастности популяций и показателями ожидаемой гетерозиготности, а также индексом Шеннона (в обоих случаях $r_s = -0,9$, $p = 0,05$). Существенное преимущество межпопуляционных различий над внутривидовыми в составе общего генетического разнообразия по данным AMOVA свидетельствует о значительной изоляции и дифференциации исследованных популяций. По результатам эколого-генетического анализа популяции *G. lutea* отнесены к трем группам: стабильные (полонина Лемская, горы Шешул-Павлик, г. Пожижевская), относительно стабильные (г. Гутин Томнатык), нестабильные (пол. Крачунеска, гг. Трояска-Татарука). Стабильность агропопуляции на г. Пожижевская свидетельствует о том, что искусственные насаждения *G. lutea* в высокогорье Украинских Карпат могут быть одним из способов сохранения популяций этого вида.

Ключевые слова: *Gentiana lutea* L., экологические характеристики популяций, параметры генетического разнообразия, дифференциация популяций, состояние популяций, стратегия популяций.

УДК 575.17:
582.923.1+574.3

М. З. Мосула¹
О. Ю. Майорова¹
Л. Р. Грицак¹
В. М. Мельник²
Н. М. Дробик¹
В. А. Кунах²

канд. біол. наук
канд. біол. наук, доц.
канд. біол. наук
д-р біол. наук, проф.
чл.-кор. НАН України,
д-р біол. наук, проф.

¹ Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка,
вул. М. Кривоноса, 2, 46027, м. Тернопіль, Україна,

² Інститут молекулярної біології і генетики НАН України,
вул. Академіка Заболотного, 150, 03680, м. Київ, Україна,
тел.: +38097-762-40-69, e-mail: majorova@i.ua

ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПОПУЛЯЦІЙ *GENTIANA LUTEA* L. В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ

Проведено комплексну оцінку стану шести популяцій рідкісного ендемічного виду *Gentiana lutea* L. з Українських Карпат. Досліджено параметри генетичного різноманіття та екологічні характеристики популяцій. Встановлено, що для різних досліджених популяцій показники генетичного поліморфізму були подібними. Виявлено достовірну негативну високу кореляцію між індексом віковості популяцій і показниками очікуваної гетерозиготності, а також індексом Шеннона (в обох випадках $r_s = -0,9$, $p = 0,05$). Суттєва перевага міжпопуляційних відмінностей над внутрішньопопуляційними у складі загального генетичного різноманіття за даними AMOVA свідчить про значну ізоляцію і диференціацію досліджених популяцій. За результатами еколого-генетичного аналізу популяції *G. lutea* були віднесені до трьох груп: стабільні (полонина Лемська, гори Шешул-Павлик, пол. Пожижевська), відносно стабільні (г. Гутин Томнатик), нестабільні (пол. Крачунеска, г. Троєска-Татарука). Стабільність агропопуляції з г. Пожижевська є свідченням того, що штучні насадження *G. lutea* у високогір'ї Українських Карпат можуть бути одним із способів збереження популяцій цього виду.

Ключові слова: *Gentiana lutea* L., екологічні характеристики популяцій, параметри генетичного різноманіття, диференціація популяцій, стан популяцій, стратегія популяцій.

ВСТУП

У зв'язку із зростаючим впливом людини на природу актуальною проблемою сьогодення є збереження біорізноманіття (Global Strategy..., 2002). Для розробки ефективних заходів охорони рідкісних видів доцільним є проведення їхніх досліджень на популяційному рівні.

У сучасних популяційних дослідженнях рослин недостатньо уваги приділяється генетичній складовій, зокрема генетичному поліморфізму всередині рослинних угруповань та між ними. Поряд із цим, наявні літературні відомості свідчать, що основою для «стратегії популяцій» (сукупність пристосувань, рис і властивостей, що проявляються в процесі реалізації генотипів організмів у мінливих умовах середовища й забезпечують популяції тривале існування, можливість захоплювати вільні екологічні ніші, переживати стреси та відновлювати свою структуру і функції) є геном. Певна частина видів, геноми яких, очевидно, не є достатньо пластичними, просто зникає, а інші здатні тією чи іншою мірою змінюватися у процесі адаптації (Global Strategy..., 2002).

Адаптація рослинного організму до умов довкілля може відбуватися за рахунок зміни фізіологічних функцій за умови, що стресові чинники не перевищують норми реакції. Це забезпечується біохімічними змінами, які регулюють активність метаболізму. У випадку ж, коли регуляторні системи рослини вже не здатні компенсувати дію зовнішніх стресових факторів, до дії мають вступати механізми генетичної мінливості, які є основою для появи нових ознак. Ці механізми діють на

рівні окремого організму і проявляються на рівні популяції у вигляді зростання її генетичної гетерогенності.

Виходячи з усього вище сказаного, важливою є комплексна оцінка стану популяцій з урахуванням екологічних характеристик і параметрів генетичного різноманіття, що дозволяє прогнозувати перспективи існування і розвитку популяцій за умови дії на них певного поєднання факторів.

Одним із рідкісних таксонів є реліктовий лікарський вид *Gentiana lutea* L., який в Україні росте лише у високогір'ї Карпат (Red data Book..., 2009). В Українських Карпатах рослини *G. lutea* ростуть на схилах південно-східної та південно-західної експозицій у межах висот 1300–1950 м н.р.м., входять до складу субальпійських та альпійських лук. Незважаючи на охорону в Карпатському національному природному парку та Карпатському біосферному заповіднику, майже на усі досліджені популяції здійснюється негативний антропогенний вплив. Пасторальний пресинг, рекреаційна діяльність, нерегламентоване викопування кореневищ *G. lutea* для потреб офіційної та народної медицини призвели до порушення структури популяцій та скорочення місцезростань виду.

Метою роботи була оцінка сучасного стану популяцій *G. lutea* з урахуванням параметрів як генетичного різноманіття, так і екологічних характеристик, а також прогнозування розвитку цих популяцій.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Еколого-популяційні та молекулярно-генетичні дослідження проводили на 5 природних популяціях *G. lutea* (полонина (п.) Лемська – Lem, гора (г.) Гутин Томнатик – HT, гори (гг.) Шешул-Павлик – Sh (хребет (хр.) Чорногора); п. Крачунеска – Kr, гг. Трояска-Татарука – Tr (хр. Свидовець) та агропопуляції з г. Пожижевська – Pozh (хр. Чорногора). Остання штучно створена у 70-х рр. XX ст., матеріал для інтродукції якої взятий з шешульської популяції (*Gentiana lutea* L. in..., 2010).

Серед природних факторів абіотичного середовища враховували висоту над рівнем моря, висотну поясність, рельєф, експозицію і крутизну схилу. З біотичних вивчали вплив фітоценотичного оточення, з антропогенних – випас овець та ВРХ, збір лікарської сировини, витоппування. Висоту над рівнем моря, експозицію, координати місцезнаходження визначали за допомогою GPS-навігатора Garmin Oregon 450.

Щільність (Dt), вікову та просторову структуру популяцій досліджували на двадцяти пробних ділянках розміром 1×1 м, які закладали методом випадкових чисел (Uranov, 1975; The Coenopopulations of Plants..., 1976). Для комплексної оцінки вікового стану популяцій використовували ряд індексів: відновлення (IB), заміщення (I3), старіння (IC), віковості (Δ) та ефективності (ω) (Uranov, 1975; Coenopopulations of Plants..., 1988; Zhivotovsky, 2001; Kovalenko, 2005). Також визначали ефективну щільність (De) популяцій за формулою, запропонованою Л. А. Животовським (2001). Віталітетний аналіз популяцій проводили за методикою Ю. А. Злобіна (1989). Характер самопідтримання визначали за співвідношенням між кількістю особин генеративного та вегетативного походження (g/v). Визначення типу стратегії популяцій проводили на основі еколого-генетичного підходу, запропонованого Й. Цариком із співавторами (Strategy of plants..., 2001).

Для генетичного аналізу з кожної наведеної вище популяції було відібрано по 15 зразків листової пластинки окремих рослин, окрім популяції на г. Гутин Томнатик, з якої, у зв'язку з малою чисельністю, відібрано 11 зразків.

Виділення ДНК, умови проведення полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), нуклеотидні послідовності праймерів і гель-електрофорез продуктів ампліфікації наведені у роботах (RAPD- and ISSR-analysis..., 2011; RAPD-analysis ..., 2009). 10 RAPD- та 9 ISSR-праймерів забезпечували синтез чітких відтворюваних ампліконів.

При аналізі електрофореграм спектри ПЛР-продуктів представляли у вигляді бінарних матриць, на основі яких розраховували частку поліморфних ампліконів (P), очікувану гетерозиготність (He), індекс Шеннона (S). Розподіл загальної генетичної мінливості на міжпопуляційну та внутрішньопопуляційну визначали методом аналізу молекулярної дисперсії (AMOVA) з використанням програми GenAlEx 6.5 (Peakall, 2006). Кореляції між показниками генетичного різноманіття (He, S) та індексом віковості визначали за допомогою коефіцієнту кореляції Спірмана (r_s) (Sokal, 1995).

Для комплексного аналізу популяцій *G. lutea*, аналогічно до використаної Н. М. Бельтюковою (2010) 5-бальної системи оцінки стану популяцій, ми розробили шкалу за 12 критеріями. Окрім 11 критеріїв, наведених у таблиці, також враховували ступінь антропогенного впливу (ан. в.), що здійснюється на популяції: незначний (5 балів), слабкий (4 бали), середній (3 бали), помірний (2 бали), сильний (1 бал). Ступінь ан. в. визначали візуально за часткою пошкоджених особин (зірваних генеративних пагонів і об'їдених або потоптаних худобою рослин). Популяції з кількістю балів 46–60 оцінювали як стабільні, 29–45 – відносно стабільні, 12–28 – нестабільні.

Шкала оцінки стану популяцій *G. lutea*

Критерій*	Бали				
	1	2	3	4	5
Dt, ос./м ²	<1,3	1,4–2,6	2,7–4,0	4,1–5,4	>5,5
De, ос./м ²	<0,6	0,7–1,3	1,4–2,0	2,1–2,7	>2,8
IB, %	<58	59–116	117–175	176–234	>235
IЗ, %	<56	57–112	113–169	170–225	>226
IC, %	>15,5	15,4–11,6	11,5–7,7	7,6–3,9	<3,8
Δ	>0,309	0,308–0,279	0,278–0,248	0,247–0,219	<0,218
ω	>0,541	0,540–0,510	0,509–0,479	0,478–0,449	<0,448
g/v	<0,42	0,43–0,85	0,86–1,28	1,29–1,71	<1,72
P, %	<30,5	30,6–32,0	32,1–33,7	33,8–35,4	>35,5
He	<0,092	0,093–0,099	0,100–0,107	0,108–0,115	>0,116
S	<0,141	0,142–0,152	0,153–0,164	0,165–0,176	<0,177

Примітки: загальна щільність (Dt), ефективна щільність (De), індекси: відновлення (IB), заміщення (IЗ), старіння (IC), віковості (Δ) та ефективності (ω), співвідношення між кількістю особин генеративного та вегетативного походження (g/v), частка поліморфних ампліконів (P), очікувана гетерозиготність (He), індекс Шеннона (S).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті еколого-популяційних досліджень встановлено, що загальна щільність досліджених популяцій *G. lutea* коливалася в межах 0,2–6,5 ос./м², ефективна щільність – 0,1–3,2 ос./м². За віковою структурою популяції є нормальними повночленними з лівостороннім віковим спектром. Пік чисельності припадав на молоді генеративні (Lem, Sh, Kr, Tr) або віргінільні особини (Lem, HT), за винятком агропопуляції на г. Пожижевська, де максимум у віковому спектрі складали рослини іматурного стану. За індексом відновлення більшість популяцій віднесені до молодих (130–350 %), окрім локалітетів з хр. Свидовець (Kr, Tr), в яких цей показник був нижчим (61 %, 79 % відповідно). Індекс заміщення для природних популяцій коливався в межах 57–147 %, а для Rozh становив 339 %. Індекс старіння для Rozh був найнижчим (3,6 %), тоді як для інших локалітетів коливався в межах 9,5–22,4 %. За класифікацією «дельта-омега» усі популяції *G. lutea* віднесені до молодих. Однак популяція на г. Трояска-Татарука за показниками наближена до перехідної, а на п. Крачунеска – до зрілої. Ці дані підтверджують результати визначення IB та IЗ.

Показники генетичного поліморфізму для різних досліджених популяцій виявилися подібними. Частка поліморфних ампліконів для природних популяцій

варіювала від 29,7 до 37,4 %, очікувана гетерозиготність – від 0,088 до 0,125, індекс Шеннона – від 0,136 до 0,189. Для інтродукованої популяції на г. Пожижевська (хр. Чорногора) показники генетичного поліморфізму були не високими ($P = 31,7\%$, $H_e = 0,102 \pm 0,008$, $S = 0,154 \pm 0,012$). Природні популяції з хр. Чорногора характеризувалися дещо вищими показниками генетичної різноманітності ($P = 35,5\%$, $H_e = 0,118 \pm 0,006$, $S = 0,178 \pm 0,008$), а з хр. Свидовець – нижчими ($P = 30,7\%$, $H_e = 0,092 \pm 0,006$, $S = 0,141 \pm 0,008$). Аналіз молекулярної варіанси (AMOVA) показав, що на відмінності між популяціями припадало 64 % загальної генетичної мінливості, тоді як внутрішньопопуляційний поліморфізм становив 36 %. Це, очевидно, пов'язано із значною ізоляцією популяцій *G. lutea*, яка спричинена значними географічними відстанями та фізичними бар'єрами (гірськими хребтами).

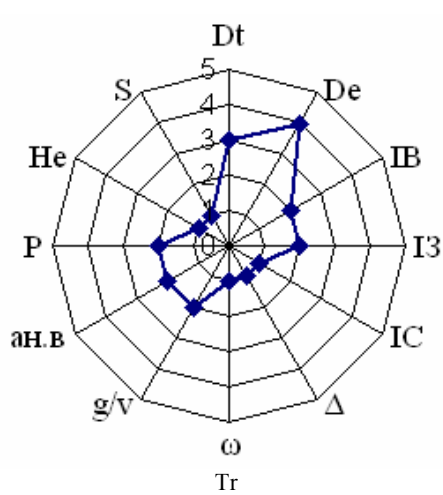
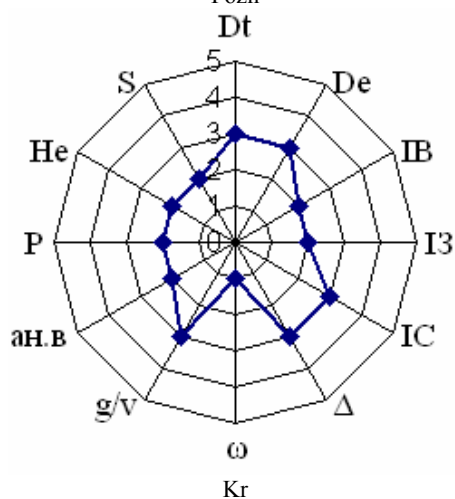
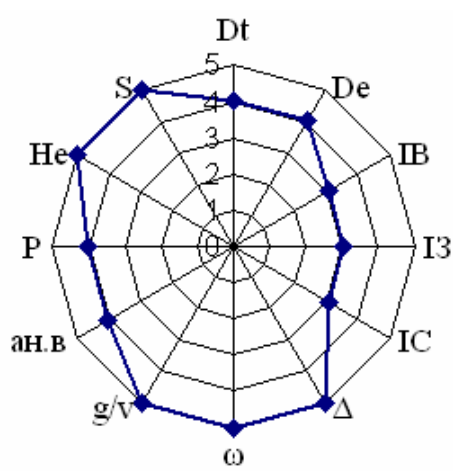
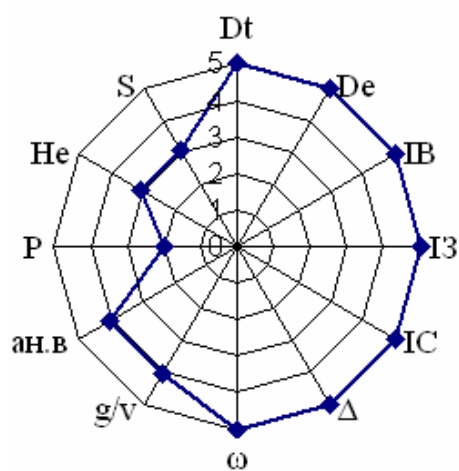
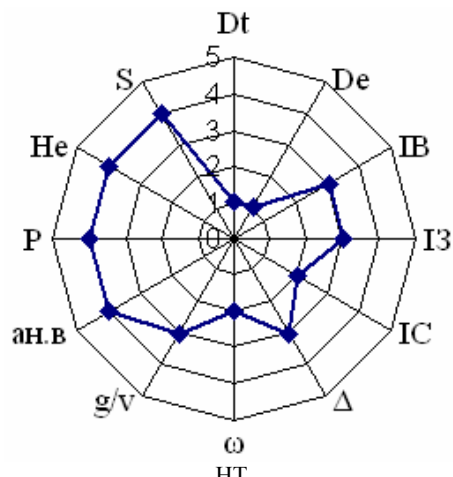
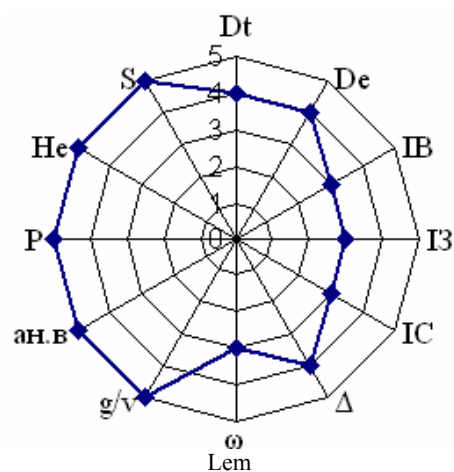
Виявлено достовірну негативну високу кореляцію між індексом віковості популяцій і показниками очікуваної гетерозиготності, а також індексом Шеннона (в обох випадках $r_s = -0,9$, $p = 0,05$). Тобто, із зростанням індексу віковості, який свідчить про старіння популяцій, показники генетичної різноманітності зменшуються, що й підтверджується коефіцієнтом кореляції Спірмена.

Після оцінки стану популяцій *G. lutea* за розробленою шкалою (таблиця) встановлено, що сума набраних балів у популяціях *G. lutea* коливалася в межах від 22 до 51. До стабільних популяцій було віднесено Pozh (51), Sh (50), Lem (49); до відносно стабільних – HT (34); нестабільних – Kt (28), Tr (22) (рисунк).

За результатами комплексної оцінки популяції *G. lutea* з хр. Свидовець були віднесені до нестабільних. Очевидно, це зумовлено, у першу чергу, розташуванням цих локалітетів в умовах інтенсивного антропогенного пресингу та неспроможністю їх особин витримувати конкуренцію з високими чагарниками (*Duschekia viridis* (Chaix) Opiz, *Juniperus sibirica* Burgsd.) у фітоценозі. Наслідком цього є фрагментація локалітетів на окремі локуси. Така зміна просторової структури супроводжується зменшенням інтенсивності обміну генетичною інформацією між окремими локалітетами, що може спричинювати інбредну депресію, яка знижує рівень гетерозиготності, змінює загальну генетичну конструкцію популяції та зменшує її стабільність (Strategy of plants..., 2001; Population structure..., 1998). Поряд із цим, у популяціях на г. Троєська-Татарука та п. Крачунеска спостерігається порушення вікової структури (за індексом відновлення вони є старіючими); зниження життєздатності особин; переважання вегетативного розмноження над генеративним; для них характерна стрес-толерантна стратегія. Очевидно, інтенсифікація вегетативного розмноження у свидовецьких популяціях спричинює зниження рівня генетичного поліморфізму. Це підтверджується літературними даними, за якими повний або частковий перехід до вегетативного розмноження призводить до збіднення генофонду популяцій (The extent of clonality..., 1999; Kery, 2000).

За розробленою нами класифікацією природні популяції з Чорногірського масиву – Lem і Sh, віднесені до стабільних. Це, на наш погляд, визначається як їхніми екологічними характеристиками, так і розташуванням у зоні заповідання. Для них характерні великі площі; високі показники щільності, індексу відновлення та заміщення; самопідтримання здебільшого за рахунок генеративного розмноження; переважання у віковому спектрі молодих генеративних та прегенеративних особин; процвітаюча віталітетна структура; високі показники генетичного поліморфізму. За типом стратегії популяція з п. Лемська є конкурентною, з г. Шешул-Павлик – конкурентно-рудеральною. Це свідчить про здатність цих популяцій виживати та адаптовуватися до змінних умов середовища існування.

До відносно стабільних віднесено популяцію з г. Гутин Томнатик. Нами виявлено невідповідність результатів вивчення екологічних параметрів цієї популяції з генетичними. Зокрема, згідно проведеного аналізу значення екологічних критеріїв були низькими, тоді як молекулярно-генетичні дослідження свідчать про значне генетичне різноманіття всередині популяції. Гутин-томнатиська популяція



Графіки, побудовані на основі екологічних і генетичних критеріїв за шкалою оцінки стану популяцій *G. lutea*, ілюструють стабільний (Pozh, Sh, Lem), відносно стабільний (HT) та нестабільний (Kr, Tr) стани популяцій

розташована неподалік (близько 2–3 км) від лемської і відмежована від неї лише невисоким відрогом гори, що, очевидно, не перешкоджає вільному обміну генетичною інформацією між цими популяціями (перенесення вітром або тваринами насіння, пилку комахами). Тому, незважаючи на малу чисельність особин, для гутин-томнатиської популяції характерні високі показники генетичного поліморфізму. Таке збереження генетичного різноманіття малочисельними ізольованими популяціями свідчить про те, що вид *G. lutea* поки що має генетичні ресурси, здатні забезпечити відновлення популяції у разі створення сприятливих умов.

Штучно створена популяція на г. Пожижевська за результатами еколого-генетичного аналізу є стабільною. Встановлено здатність цієї популяції протистояти зовнішнім впливам, витримувати конкуренцію з іншими видами в угрупованні та освоювати нову територію. Популяція є процвітаючою, нормальною повночленною з лівостороннім віковим спектром, з високими індексом відновлення та щільністю, переважанням генеративного розмноження над вегетативним та характеризується конкурентно-рудеральною стратегією. Поряд із цим, вона характеризувалася невисокими показниками генетичного поліморфізму (P, He, S), що, очевидно, можна пояснити її невеликим віком (~ 40 років), тривалим онтогенезом особин виду (50–100 років) та довгим прегенеративним періодом (12–15 років). Низький внутрішньопопуляційний поліморфізм рослин з г. Пожижевська, очевидно, обумовлений «ефектом засновника», результатом якого є нижчий рівень генетичної різноманітності в порівнянні з батьківською популяцією. Результати еколого-генетичних досліджень стану агропопуляції на г. Пожижевська свідчать про перспективність використання штучних насаджень у високогір'ї з метою збільшення кількості місцезростань цього виду.

ВИСНОВКИ

Оцінено стан п'яти природних та однієї штучно створеної популяцій *G. lutea* з урахуванням параметрів генетичного різноманіття, а також екологічних характеристик. Встановлено значну генетичну дивергенцію популяцій, що зумовлено їхньою географічною ізоляцією та відмінностями умов зростання. За результатами комплексного аналізу популяції *G. lutea* були віднесені до трьох груп: стабільні (п. Лемська, г. Шешул-Павлик, г. Пожижевська), відносно стабільні (г. Гутин Томнатик), нестабільні (п. Крачунеска, г. Трояска-Татарука). Порушення стабільності популяцій спричинене впливом біотичних (затіннення високими чагарниками, щільне задерніння ґрунту злаками) та антропогенних (пасторальне навантаження, неконтрольоване викопування кореневищ для потреб народної медицини) факторів. Результати еколого-генетичного аналізу агропопуляції з г. Пожижевська свідчать, що штучні насадження *G. lutea* у високогір'ї Українських Карпат можуть слугувати одним зі способів збереження генофонду цього виду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Bedej, M. I., Krys, O. P., Voloshchuk, M. I., Makhanets, I. A., 2010.** *Gentiana lutea* L. in the Ukrainian Carpathians [Tyrlych zhovtyi (*Gentiana lutea* L.) v Ukrainskykh Karpatakh]. Uzhgorod (in Ukrainian).
- Beltukova, N. N., 2010.** Assessment of coenopopulations of some plants' rare species from Perm region using molecular genetic techniques: abs. on competition of PhD degree (biol. sciences) : special. 03.00.15 "Genetics" [Otsenka sostoiannya tsenopopuliatsyi nekotorykh redkykh vydiv rastenyi permskoho kraia s yspolzovaniem molekuliarno-henetycheskykh metodov: avtoref. dys. na soyskanye uch. stepeny kand. byol. nauk : spets. 03.00.15 «Henetyka»]. Perm (in Russian).
- Bushakra, J. M., Hodges, S. A., Cooper, J. B., Kaska, D. D., 1999.** The extent of clonality and genetic diversity in the Santa Cruz Island ironwood, *Lyonothamnus floribundus*. Molecular Ecology. 8 (3), 471–475.
- Global Strategy for Plant Conservation [Global'naja strategija sohraneniya rastenij], 2002. K'ju (in Russian).
- Kery, M., Matthies, D., Spillmann, H.-H., 2000.** Reduced fecundity and offspring

performance in small populations of the declining grassland plants *Primula veris* and *Gentiana lutea*. J. of Ecology. 88, 17–30.

Konvalyuk, I. I., Mel'nyk, V. M., Drobnyk, N. M., Kravets, N. B., Twardovska, M. O., Kunakh, V. A., 2011. RAPD- and ISSR-analysis of genetic variation in *Gentiana pneumonanthe* L. tissue and organ culture [RAPD- i ISSR-analiz henetychnoi minlyvosti u kulturi tkanyn ta orhaniv tyrylychu zvychainoho (*Gentiana pneumonanthe* L.)]. Visn. Ukr. Tov. Genet. Sel. 9 (1), 22–31 (in Ukrainian).

Kovalenko, I. M., 2005. The structure of population, which dominant in the ground layer of woody phytocoenosis at national natural park Desnyansko-Starogutsky. I. Ontogenet structure [Struktura populiatsii dominantiv trav'iano-chaharnykovoho yarusu v lisovykh fitotsenozakh Desniansko-Starohutskoho natsionalnoho pryrodnoho parku. I. Ontohenetychna struktura]. Ukr. Botan. Journ. 62 (5), 707–714 (in Ukrainian).

Peakall, R., Smouse, P. E., 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Mol. Ecol. Notes. 6, 288–295.

Population structure of rare species in the Carpathians flora [Struktura populiatsii riddisnykh vydiv flory Karpat], 1998. Naukova dumka, Kiev (in Ukrainian).

Red data Book of Ukraine. Vegetable kingdom [Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit], 2009. Globalconsulting, Kiev (in Ukrainian).

Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 1995. Biometry, 3rd edn. W.H. Freeman and company, New York.

Strategy of plants populations in natural and anthropogenic change ecosystems of the Carpathians [Stratehiia populiatsii roslin u

pryrodneykh i antropohennozminenykh ekosystemakh Karpat], 2001. Eurosvit, Lviv (in Ukrainian).

The Coenopopulations of Plants. Basic Definitions and Structure [Cenopopuljacji rastenij (osnovnye ponjatija i struktura)], 1976. Nauka, Moscow (in Russian).

Twardovska, M. O., Strashniuk, N. M., Mel'nyk, V. M., Konvalyuk, I. I., Kunakh, V. A., 2009. RAPD-analysis of the genome polymorphism for some *Gentiana* L. species from Ukrainian flora [RAPD-analiz henomnoho polimorfizmu deyakykh vydiv rodu *Gentiana* L. flory Ukrayiny]. Repts. Nat. Acad. Sci. Ukr. 5, 200–204 (in Ukrainian).

Uranov, A. A., 1975. Age spectrum of the phytocoenopopulations as a function of time and energetic wave processes [Vozrastnoj spektr fitocenopopuljacij kak funkciya vremeni i jenergeticheskikh volnovykh processov]. Nauchnye Doklady Vyshey Shkoly. Biological Sciences. 2, 7–33 (in Russian).

Zaugolnova, L. B., Zhukova, L. A., Komarov, A. S., Smirnova, O. B., 1988. The Coenopopulations of Plants. Essays of Population Biology [Cenopopuljacji rastenij (ocherki populjacionnoj biologii)]. Nauka, Moscow (in Russian).

Zhivotovsky, L. A., 2001. Ontogenetic States, Effective Density, and Classification of Plant Populations [Ontogeneticheskie sostojaniya, jeffektivnaja plotnost' i klassifikacija populjacij rastenij]. Russ. J. Ecol. 1, 3–7 (in Russian).

Zlobin, A., 1989. Principles and methods for the study of the coenotical plant populations [Principy i metody izuchenija cenoticheskikh populjacij rastenij: uchebno-metodicheskoe posobie]. Published Kazan University, Kazan (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 20.05.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. Н. А. Білова

BIOGEOCENOLOGY, GEOBOTANY AND PHYTOCENOLOGY



Y. I. Chykailo 

I. M. Voloshin

Cand. Sci. (Geogr.)

Dr. Sci. (Geogr.), Professor

UDK [504.03:911.3]:
656(477.83)

*Lviv State University of Physical Culture,
Kosciuszko str., 11, 79007, Lviv, Ukraine*

ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF VEGETATION OF NEAR-ROADS ZONES OF TRANSPORT CORRIDOR LVIV-KRAKOVETS

Abstract. In the article, the eco-geochemical analysis of flora on roadside areas of highway M-10 Lviv-Krakovets is made. In the foliage of following tree species Common hornbeam (*Carpinus betulus* L.), English oak (*Quercus robur* L.), Common beech (*Fagus sylvatica* L.), Common ash (*Fraxinus excelsior* L.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Norway spruce (*Picea abies* L.), using atomic-absorption methods, there were revealed such heavy metals as Pb, Zn, Co, Cu, Ni, Mo, Cr, Mn, V, Ba, Sr, Zr, Fe, Ti, Sn.

The analysis of literary sources by Voloshyn, Sobechko, Bessonova and ours investigations reveals that in different areas the content of heavy metals (HM) in the foliage of tree species differs significantly.

In addition, it has been investigated the content of chemicals in the foliage of roadside trees along highway Lviv-Krakovets and compared with world clarkes indices. Content of Pb, Zn, Mn, V in the foliage of roadside trees is lower than showing of world clarkes, what is caused by characteristics of parent rocks. Elements that exceed world clarkes are Ba, Cu, Ni, Mo, Sr, Ti, Zr and Cr, their content in foliage of tree species varies from 1,2 to 16,7 mg/kg of dry weight.

In the article, the accumulation coefficients are calculated. These coefficients confirm accumulation of car pollutants in roadsides and adjoining areas.

There is made an investigation of general biological and discrete (by root surface and foliage surface) absorption of 15 chemical elements and as a result several species, which have the highest accumulation coefficients, are set apart.

In the foliage of roadside tree species, the general biological absorption coefficients (GBAC) of technogenic (road) pollutants are counted. It has been determined that the maximum GBAC values immanent to Ni and Ba are 10,1 and 3,5 correspondingly (Common hornbeam), Cu – 7,7, Mn – 2,7 and Mo – 1,4 (English oak) and Sr – 1,4 (Common ash).

According to the content and distribution of heavy metals in the foliage of roadside trees, it was build the descending rows according to intensity of HM absorption by different tree species.

It has been counted the intensity with what tree species absorb road pollutants, Pb absorbs Common ash, Scots pine, Zn, Co, Cr, Sr – Common ash; Ni, Ba – Common hornbeam; Cu, Mo, Mn, V, Zr – English oak; Fe, Ti – Norway spruce.

It has been counted the discrete (areal and root) absorption of HM by tree species. It is known from literary sources that foliage does not accumulate Pb by areal way, that is why the value of this

 Tel.: +38098-179-39-96. E-mail: yulijachikajlo@i.ua

DOI: 10.15421/031416

HM is considered as constants and according to certain methodological ways is counted areal and root absorption.

The discrete biological absorption coefficients (DBAC) of technogenic (road) pollutants by different tree species in roadsides are different. Deciduous tree species in contrast to pinophyta, by areal way accumulate Mo – 0,33 (Common hornbeam) – 0,95 (English oak), partially V – 0,17 (English oak), Zn – 0,14 (Norway spruce). DBAC Co in foliage of tree species varies from 0,33 (English oak) to 0,73 (Common beech), Cu – 0,52 (Scots pine) – 0,99 (English oak, Common hornbeam), Ni – 0,23 (Scots pine) – 0,99 (Common hornbeam, English oak, Common beech, Norway spruce), Mn – 0,61 (Common ash) – 0,98 (English oak, Norway spruce), Ba – 0,43 (Common hornbeam) – 0,92 (English oak, Norway spruce), Sr – 0,64 (Common hornbeam) – 0,94 (English oak, Norway spruce).

The most actively foliage absorbs Cu, Ni, Mn, Co (in 100 % of samples); partially – Ba, Sr (80 %); Mo (40 %); V i Zn (20 i 10 %).

It has been proposed several tree species for forest plantation, which have the highest biological absorption. The highest intensity of general biological absorption of HM have English oak, Common hornbeam, Common ash, Common beech, Norway spruce, which absorbs Ni, Cu, Ba, Mn, Sr, Mo, Co, Fe, and this considerably reduce pollution in roadsides and adjoining areas.

Keywords: *euromotorway, near-highway zones, geochemical analysis, arboreal breeds.*

УДК [504.03:911.3]:
656(477.83)

Ю. И. Чикайло
И. Н. Волошин

канд. геогр. наук
д-р геогр. наук, проф.

*Львовский государственный университет физической культуры,
ул. Костюшко, 11, 79007, г. Львов, Украина,
тел.: +38098-179-39-96, e-mail: yulijachikajlo@i.ua*

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИАВТОМАГИСТРАЛЬНЫХ ПОЛОС ТРАНСПОРТНОГО ЕВРОКОРИДОРА ЛЬВОВ-КРАКОВЕЦ

Выполнен эколого-географический анализ растительности приавтомобильных территорий. В листьях древесных пород: граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.), дуб обыкновенный (*Quercus robur* L.), бук лесной (*Fagus sylvatica* L.), ясень высокий (*Fraxinus excelsior* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель европейская (*Picea abies* L.) определены следующие тяжелые металлы: Pb, Zn, Co, Cu, Ni, Mo, Cr, Mn, V, Ba, Sr, Zr, Fe, Ti, Sn. Рассчитаны коэффициенты аккумуляции, подтверждающие накопление автомобильных загрязнителей в придорожных полосах и прилегающих территориях. Изучены общее биологическое и раздельное (корневой и листовой поверхностью) поглощения и выделены породы, которым свойственны высокие коэффициенты аккумуляции. Для лесонасаждений предложен ряд древесных пород, характеризующихся высоким биологическим поглощением.

Ключевые слова: *евромоторway, приавтомобильные полосы, геохимический анализ, древесные породы.*

УДК [504.03:911.3]:
656(477.83)

Ю. І. Чикайло
І. М. Волошин

канд. геогр. наук
д-р геогр. наук, проф.

*Львівський державний університет фізичної культури,
вул. Костюшка, 11, 79007, м. Львів, Україна,
тел.: +38098-179-39-96, e-mail: yulijachikajlo@i.ua*

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ РОСЛИННОСТІ ПРИАВТОМАГІСТРАЛЬНИХ СМУГ ТРАНСПОРТНОГО ЄВРОКОРИДОРА ЛЬВІВ–КРАКОВЕЦЬ

Проведено еколого-географічний аналіз рослинності приавтомобільних територій. В листі деревних порід визначено наступні ВМ: Pb, Zn, Co, Cu, Ni, Mo, Cr, Mn, V, Ba, Sr, Zr, Fe, Ti, Sn. Розраховано коефіцієнти акумуляції, які підтверджують накопичення автомобільних забруднювачів в придорожніх смугах та суміжних територіях. Вивчено загальне біологічне та

роздільне (кореневою та листяною поверхнею) поглинання і виокремлено породи, яким властиві найвищі коефіцієнти акумуляції. Для лісонасаджень запропоновано ряд деревних порід, що характеризуються найвищим біологічним поглинанням.

Ключові слова: єврокоридор, приавтомагістральні смуги, геохімічний аналіз, деревні породи.

ВСТУП

Транспортний єврокоридор (автомагістраль) Львів–Краковець – це частина Пан'європейського транспортного коридору № 3 (автомагістраль Е 40), що пролягає за маршрутом Кале – Брюсель – Дрезден – Вроцлав – Краків – Жешув – Корчова – Краковець – Львів – Київ, належить до Європейської мережі з'єднувальних автомобільних доріг, бере початок на державному кордоні між Україною та Польщею, в районі смт. Краковець і сполучатиметься з автомобільною дорогою Київ–Чоп (515 км), поблизу села Малі Підліски.

Транспортний єврокоридор Львів–Краковець проходить через геоморфологічні структури: Надсянська моренно-зандрова алювіальна рівнина (0–27 км) – полога, слабо-хвиляста акумулятивна рівнина (в т.ч. Яворівська улоговина), горбисте пасмо Розточчя (27–50, 52–63 км) – ерозійно-розчленована денудаційно-ярусна рівнина (в т.ч. крайні південно-західні відроги Розточчя), Зашківсько-Брюховицько-Ряснівська прохідна долина (63–69 км траси), район Пасмового Побужжя (69–84 км) – акумулятивна рівнина з пасмовими і міжпасмовими пониженнями, зайнятими річковими системами.

Автомагістраль перетинатиме долини річок Шкло, Гноянець, Верещиця, Домажирка та струмок Млинівка.

Залісненість приавтомагістральних смуг складає 7,1 % площі вилучених земельних угідь (5–8 км, 12–14 км, 17–18 км, 20,5–21,5 км, 41–42 км, 62–62,5 км, 64–66 км).

Найбільш розповсюдженими типами ґрунтів у межах транспортного єврокоридору Львів–Краковець є дерново-підзолисті ґрунти, сформовані на водно-льодовикових і давньоалювіальних відкладах, сірі лісові ґрунти, чорноземи – переважно на лесовидних суглинках.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У листопаді 2011 р. в придорожніх лісосмугах автодороги М-10 Львів–Краковець, нами здійснено відбір зразків листя (хвої) для проведення еколого-геохімічних лабораторних досліджень. Оцінено вміст важких металів (ВМ) в листі (хвої) деревних порід: граб звичайний (*Carpinus betulus L.*), дуб звичайний (*Quercus robur L.*), бук лісовий (*Fagus sylvatica L.*), ясен високий (*Fraxinus excelsior L.*), сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*), смерека європейська (*Picea abies L.*). Атомно-абсорбційним методом визначено 15-ть хімічних елементів: Pb, Zn, Cd, Co, Cu, Ni, Mo, Cr, Mn, V, Ba, Sr, Zr, Fe, Ti.

За методичними розробками Б. Б. Полинова (Polynov, 1956), І. А. Авессаламової (Avesalamova, 1987), А. І. Перельмана (Perelman, 1989), М. А. Глазовської (Glazovska, 1976), І. М. Волошина, М. І. Лепкого, Л. Ю. Матвійчук (Voloshin, Lepkiy, Matviychuk, 2009), розраховано загальні коефіцієнти біологічного поглинання (ЗКБП) ВМ деревними породами придорожніх смуг. Дослідники вважають, що доцільно обирати ті рослини, які накопичують більше 1 % вмісту металів (Тетгу, 1979; Scheffer, 1979), що необхідно враховувати при виборі деревних порід для лісопосадок, озеленення території.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз літературних джерел показує, що в різних регіонах вміст важким металів (ВМ) в листі деревних порід істотно відрізняється. В Свалявській улоговині вміст Pb

у листі граба вулично-паркових насаджень змінювався від 0,25 до 5,2 мг/кг, Fe – 42–51, Mn – 23–240, Ni – 0,41–4,6, Ti – 5,9–88,0, V – 0,32–0,6, Mo – 0,16–0,59, Ba – 19–110, Sr – 32–100, Zr – 0,52–2,7, Cu – 1,7–14,0, Cr – 0,26–16,0, Zn – 6,7–19,0, Co – 1,8–4,5 мг/кг (Voloshin, 1998). В парково-вуличних насадженнях м. Львова вміст Pb становив 1,8 мг/кг, Fe – 519, Mn – 308, Ni – 7,3, Ti – 85, V – 1,1, Mo – 0,8, Ba – 32,6, Sr – 1587, Zr – 1,8, Cu – 13,1, Cd – 4,3, Cr – 2,9, Zn – 81,9 мг/кг (Voloshin and Sobechko, 2013) (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст важких металів у листі деревних порід																
№	Порода дерева	Pb	Zn	Cd	Co	Cu	Ni	Mo	Cr	Mn	V	Ba	Sr	Zr	Fe	Ti
1*	Граб	0,7	4,0	1,3	1,4	3,3	6,6	0,3	1,5	149,7	0,8	15,0	5,1	0,7	51,1	11,0
		0,9	6,1	1,6	1,8	42,3	28,2	1,0	2,0	380,8	0,3	752,1	32,9	1,4	239,7	21,2
		0,3	–	–	–	1,7	0,4	0,3	0,3	23,0	0,3	19,0	100,0	2,7	–	22,0
2*		3,4	6,7	–	–	6,5	0,7	0,2	0,3	130,0	0,4	35,0	78,0	0,8	–	85,0
		2,0	11,0	–	1,8	8,0	1,0	0,6	0,5	240,0	0,6	32,0	33,0	0,5	–	88,0
		0,8	–	–	–	5,9	0,9	0,2	–	130,0	0,6	110,0	62,0	0,6	42,0	14,0
		5,2	19,0	–	4,5	14,0	4,6	0,2	16,0	140,0	0,5	22,0	32,0	0,7	51,0	5,9
3*		1,8	81,9	4,3	–	13,1	7,3	0,8	2,9	308,0	1,1	32,6	1587	11,8	519,0	85,0
1*	Ясен	1,6	7,9	3,4	3,3	7,8	6,0	0,6	3,6	120,6	1,9	94,8	103,4	4,3	327,4	43,1
3*		0,7	10,5	2,4	–	6,2	1,6	0,5	1,1	40,0	0,5	22,7	46,0	3,8	289,0	27,0
4*		1,3	15,6	–	–	10,4	–	1,4	–	59,4	–	–	–	–	160,0	–

Примітка: 1* – єврокоридор Львів–Краковець, лісосмуги; 2* – Свалявський р-н, Закарпатська обл., вулично-паркові насадження; 3* – м. Львів, вулично-паркові насадження; 4* – м. Дніпропетровськ

Усі показники, крім Купруму, Ніколу, Молібдену, Барію, Мангану є значно вищими, порівняно з нашими експериментальними дослідженнями в листі деревних порід приавтомагістральних смуг. Низький вміст ВМ обумовлений високими фільтраційними особливостями субстрату.

В листі ясена звичайного у м. Дніпропетровськ (табл. 1) вміст Феруму складав 160 мг/кг, Цинку – 15,6, Купруму – 10,4, Молібдену – 1,4, Плюмбуму – 1,3, Мангану – 59,4 мг/кг (Bessonova, 2008). Оскільки Дніпропетровськ є промисловим центром, високі показники перелічених ВМ вказують на значне забруднення атмосферного повітря, що пов'язано з виробничою діяльністю підприємств. Вміст Плюмбуму дещо менший у порівнянні з нашими дослідженнями, що обумовлено значним накопиченням цього поллютанта в листі дерев в результаті викидів автомобільного транспорту.

У м. Львів показники Pb дорівнювали 0,7 мг/кг, Fe – 289, Mn – 40, Ni – 1,6, Ti – 22, V – 9,5, Mo – 0,5, Ba – 22,7, Sr – 46, Zr – 3,8, Cu – 6,2, Cd – 2,4, Cr – 1,1, Zn – 10,5 мг/кг (Voloshin, 2008). З вище наведених даних видно, що вміст усіх хімічних елементів у листі ясена (за винятком Цинку, Ванадію) в м. Львові є значно нижчим (№ 3) у порівнянні з вмістом у придорожньому ясені (№ 1), що зв'язано з акумулятивними тенденціями поллютантів від транспортного навантаження.

Досліджено величини хімічних елементів в листі дерев придорожніх смуг автодороги Львів–Краковець і співставлено з світовими кларковими показниками. Вміст Pb, Zn, Mn, V у листі придорожніх лісосмуг є нижчим за показники світових кларкових величин, що обумовлено властивостями материнських порід (табл. 2). До елементів, які перевищують світові кларкові величини відносяться Ba, Cu, Ni, Mo, Sr, Ti, Zr і Cr, вміст яких в листі деревних порід змінювався від 1,2 до 16,7.

При порівнянні мінімальних показників із максимальними значеннями вмісту ВМ в усіх проаналізованих зразках листя придорожніх лісосмуг, виділяються дві групи варіативних величин:

1) до першої групи відносяться ВМ, амплітуда валового вмісту яких змінюється в діапазоні до десяти одиниць. Так, вміст Плюмбуму варіює від 0,5 до 1,6 мг/кг сухої маси, Хрому – 1,0–3,6, Кобальту – 0,9–3,3, Цинку – 2,1–7,9, Кадмію – 0,8–3,4, Мангану – 76,9–380,8, Титану – 10,1–80,0, Ванадію – 0,2–1,9 мг/кг.

2) в другу групу об'єднані ВМ, валовий вміст яких перевищує десять одиниць і для Феруму змінюється від 20,2 до 327,4, Купруму – 1,2–42,3, Цирконію – 0,1–4,3, Молібдену – 0,2–10,9, Стронцію – 1,8–103,4, Ніколу – 0,3–28,2, Барію – 2,4–752,1. Середній вміст Fe складає 147,9, Cu – 15,5, Zr – 1,3, Mo – 2,4, Sr – 30,6, Ni – 12,2, Ba – 141,1 мг/кг сухої маси.

Таблиця 2

Показники важких металів у листі деревних порід, мг/кг					
Важкі метали	В придорожніх лісосмугах єврокоридора Львів-Краковець (наші дані)			За літературними даними	
	Варіативний вміст	Середній (фоновий)	Середній з мінімальних (кларкова величина)	Світові кларки (А. Kabata-Pendias, Н. Pendias)	Середній вміст у м. Львів (Voloshin and Sobechko, 2013)
Pb	0,5–1,6	0,8	0,5	5,0	2,8
Zn	2,1–7,9	4,7	2,5	100,0	20,9
Cd	0,8–3,4	1,5	0,9	–	5,8
Co	0,9–3,3	1,7	1,0	2,0	–
Cu	1,2–42,3	15,5	1,5	20,0	8,6
Ni	0,3–28,2	12,2	0,4	4,0	2,4
Mo	0,2–10,9	2,4	0,3	1,2	1,0
Cr	1,0–3,6	1,8	1,1	3,5	3,6
Mn	76,9–380,8	182,3	84,9	480,0	95,3
V	0,2–1,9	0,8	0,3	2,0	1,4
Ba	2,4–752,1	141,1	2,7	45,0	42,0
Sr	1,8–103,4	30,6	4,8	80,0	503,8
Zr	0,1–4,3	1,3	0,1	1,5	36,7
Fe	20,2–327,4	147,9	24,6	–	754,3
Ti	10,1–80,0	23,3	10,9	65,0	134,8

Встановлено інтенсивність поглинання техногенних поллютантів, закономірності кількісного розподілу ВМ у листі граба, дуба, бука, ясеня, сосни та смереки та систематизовано у низхідні ряди (табл. 3).

Як видно із таблиці 3, листя граба звичайного характеризується найбільшим вмістом Ba (383,6 мг/кг сухої маси), Mn (265,3), Fe (145,4); дуба звичайного – Mn (244,5), Fe (168,0), Ba (106,6); бука лісового – Fe (180,0), Ba (150,0), Mn (130,8), Ti (80,0); ясеня високого – Fe (327,4), Mn (120,6), Sr (103,4), Ba (94,8); хвоя сосни звичайної – Mn (84,85), Fe (24,6), Ti (10,85) та смереки європейської – Mn (137,4), Fe (127,4), Ba (73,7). Вміст Pb, V, Cd, Co, Cr, Mo, Zr є невисокий, тобто не перевищує 10 мг/кг сухої маси.

Важливим напрямком дослідження екологічного стану рослинності приавтомагістральних лісосмуг є визначення величин біологічного поглинання автомобільних поллютантів листям деревних порід, розрахунок коефіцієнтів загального, роздільного поглинання (листя та кореневою системою). Дослідники вважають, що доцільно обирати ті рослини, які накопичують більше 1 % вмісту металів (Teruy, 1979; Scheffer, 1979), що необхідно враховувати при виборі деревних порід для лісопосадок, озеленення території.

Поглиналильні властивості ВМ деревними породами вивчали Л. Е. Родін, Н. І. Базилевич (Rodin and Bazylevich, 1965), В. П. Васильєвим (Vasuljev, 1983), П. В. Елпат'євський (Elpatievskij, 1993).

Таблиця 3

Вміст та розподіл ВМ у листі переважаючих деревних порід придорожніх лісосмуг автодороги Львів–Краковець

Назва деревної породи	Ряди інтенсивності накопичення, мг/кг (середні величини)
Граб	Ba (383,6) > Mn (265,3) > Fe (145,4) > Cu (22,8) > Sr (19) > Ni (17,4) > Ti (6,1) > Zn (5,05) > Cr (1,75) > Co (1,6) > Zr (1,05) > Cd, Pb (0,8) > Mo (0,65) > V (0,55)
Дуб	Mn (244,5) > Fe (168) > Ba (106,6) > Cu (27,9) > Sr (27,3) > Ni (13,8) > Ti (13,1) > Mo (7,13) > Zn (3,83) > Cr (1,13) > Co, Zr, V (1,1) > Cd (0,9) > Pb (0,5)
Бук	Fe (180,0) > Ba (150,0) > Mn (130,8) > Ti (80,0) > Sr (40,0) > Ni (27,2) > Co (2,5) > Cr (2,0) > Cu (1,6) > Zr (1,1) > Cd (0,9) > Pb (0,8) > Zn, V (0,6) > Mo (0,2)
Ясен	Fe (327,4) > Mn (120,6) > Sr (103,4) > Ba (94,8) > Ti (43,1) > Zn (7,9) > Cu (7,8) > Ni (6,0) > Zr (4,3) > Cr (3,6) > Cd (3,4) > Co (3,3) > V (1,9) > Pb (1,6) > Mo (0,6)
Сосна	Mn (84,85) > Fe (24,6) > Ti (10,85) > Sr (4,65) > Zn (4,5) > Ba (2,65) > Cr (2,05) > Co (1,9) > Cd (1,7) > Cu (1,45) > Pb (0,9) > Ni (0,4) > Mo, V (0,35) > Zr (0,1)
Смерека	Mn (137,4) > Fe (127,4) > Ba (73,7) > Sr (33,5) > Ti (16,8) > Cu (13,4) > Ni (11,7) > Zn (6,7) > Cr (1,4) > Co (1,3) > Cd (1,2) > Pb (0,6) > Mo, V (0,2) > Zr (0,0)

Особливості біологічного поглинання техногенних поллютантів рослинністю приавтомагістральних смуг та вуличних насаджень 11-ти міст Волинської області досліджували І. М. Волошин, М. І. Лепкий, І. В. Мезенцева (Voloshin and Lepkiy and Mezenceva, 2012). Ними обстежено 9 видів порід (88 дерев), серед яких ясен та дуб. Встановлено, що загальне поглинання Cu, Zn, Cd, Pb листям ясен змінювалось від 0,31 до 0,67, дуба – від 0,19 до 0,70.

В листі деревних порід придорожніх смуг нами розраховано також коефіцієнти загального біологічного поглинання (КЗБП) техногенних (дорожніх) поллютантів. Встановлено, що максимальні величини КЗБП притаманні Ni і Ba відповідно складають 10,1 і 3,5 (граб звичайний), Cu – 7,7, Mn – 2,7 і Mo – 1,4 (дуб звичайний) та Sr – 1,4 (ясен високий).

До ВМ, які деревні породи поглинають інтенсивно, відносяться:

- Cu. КЗБП цього поллютанта дубом звичайним становить 7,74, грабом звичайним – 7,05 та смерекою європейською – 3,94;
- Ba. Найвищим КЗБП характеризується листя граба звичайного – 3,49;
- Mn. КЗБП дуба звичайного становить 2,71, смереки європейської – 2,5 та граба звичайного – 1,41;
- Sr та Mo. КЗБП деревних порід цих ВМ є меншим двох одиниць. Загальне біологічне поглинання Стронцію ясенем високим становить 1,38; дубом звичайним – 1,05, буком лісовим – 1,03; Молібдену дубом звичайним – 1,3.

Високі КЗБП ВМ листям дерев придорожніх смуг характерні грабу звичайному, наприклад, поглинання Ni становить 10,1, Cu – 7,1, Ba – 3,5, Mn – 1,4. КЗБП Cu дубом звичайним дорівнює 7,7, Ni – 5,7, Mn – 2,7, Mo – 1,3, Sr – 1,1; буком лісовим: Ni – 9,7, Sr – 1,0; смерекою європейською: Ni – 4,2, Cu – 3,9, Mn – 2,5; ясенем високим: Sr – 1,4, Ni – 1,0. Величини поглинання хвоєю сосни не перевищують 0,3 (рис. 1).

До елементів з низьким КЗБП належать Co (0,09–0,33), Pb (0,04–0,13), Zn (0,02–0,08), V (0,01–0,07), ВМ дуже низького біологічного поглинання є Cr (0,04–0,01) > Fe (0,01–0,02) > Ti (0,01–0,02) > Zr (0,01).

Проведено систематизацію інтенсивності поглинання деревними породами дорожніх та трансграничних поллютантів (табл. 4).

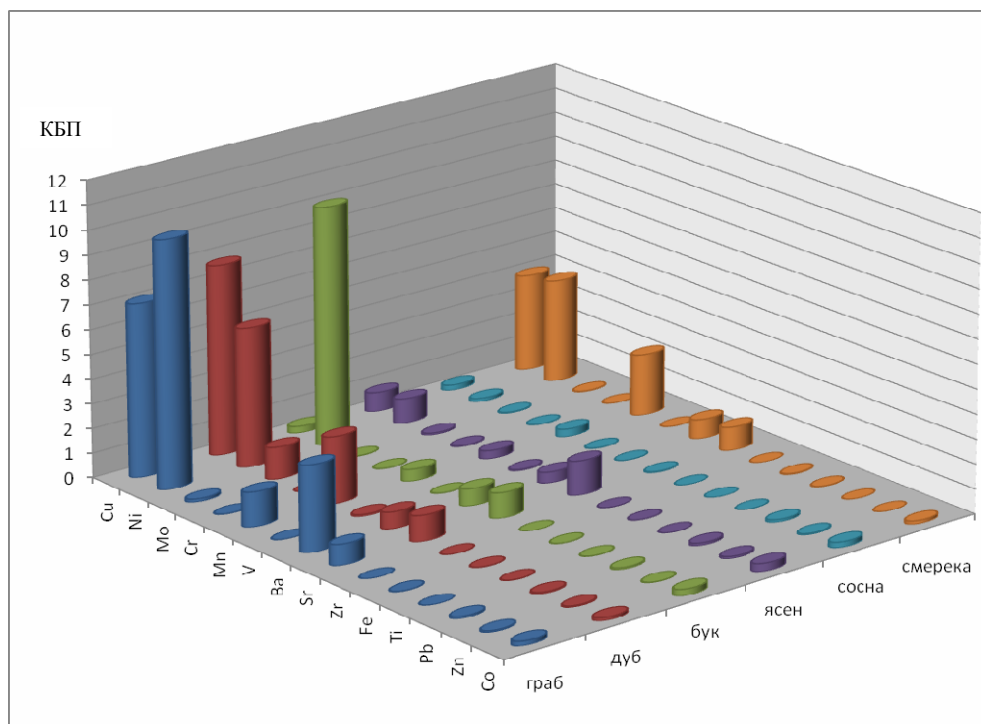


Рис. 1. Коефіцієнти загального біологічного поглинання ВМ рослинністю придорожніх смуг

Як видно з таблиці 4, Плюмбум поглинає ясен високий, сосна звичайна, Цинк, Кобальт, Хром, Стронцій – ясен високий; Нікол, Барій – граб звичайний; Купрум, Молібден, Манган, Ванадій, Цирконій – дуб звичайний; Ферум, Титан – смерека європейська.

Таблиця 4

Інтенсивність поглинання ВМ деревними породами придорожніх смуг автодороги М-10 Львів–Краковець

ВМ	Ряди інтенсивності поглинання
1	2
Pb	Ясен високий > Сосна звичайна > Граб звичайний > Бук лісовий > Дуб звичайний, Смерека європейська
Zn	Ясен високий > Смерека європейська > Граб звичайний > Дуб звичайний, Сосна звичайна > Бук лісовий
Co	Ясен високий > Бук лісовий > Сосна звичайна > Граб звичайний > Смерека європейська > Дуб звичайний
Cu	Дуб звичайний > Граб звичайний > Смерека європейська > Ясен високий > Бук лісовий > Сосна звичайна
Ni	Граб звичайний > Бук лісовий > Дуб звичайний > Смерека європейська > Ясен високий > Сосна звичайна
Mo	Дуб звичайний > Граб звичайний > Ясен високий > Сосна звичайна > Смерека європейська > Бук лісовий
Cr	Ясен високий > Граб звичайний, Бук лісовий, Сосна звичайна > Смерека європейська, Дуб звичайний
Mn	Дуб звичайний > Смерека європейська > Граб звичайний > Бук лісовий > Ясен високий > Сосна звичайна
V	Дуб звичайний > Ясен високий > Граб звичайний > Сосна звичайна, Бук лісовий > > Смерека європейська

1	2
Ba	Граб звичайний > Смерека європейська > Бук лісовий > Дуб звичайний > Ясен високий > Сосна звичайна
Sr	Ясен високий > Дуб звичайний > Бук лісовий > Смерека європейська > Граб звичайний > Сосна звичайна
Zr	Дуб звичайний, Ясен високий > Граб звичайний > Бук лісовий
Fe	Смерека європейська > Граб звичайний, Дуб звичайний, Ясен високий, Бук лісовий > > Сосна звичайна
Ti	Смерека європейська, Бук лісовий, Дуб звичайний > Ясен високий, Сосна звичайна > Граб звичайний

Отже, перші місця за інтенсивністю загального біологічного поглинання ВМ займають дуб звичайний, граб звичайний, ясен високий, бук лісовий, смерека європейська, які поглинають Ni, Cu, Ba, Mn, Sr, Mo, Co, Fe, що істотно зменшує забруднення придорожніх смуг і суміжних територій.

Проведено розрахунок роздільного (аерального і кореневого) поглинання ВМ деревними породами. З літературних джерел відомо, що Pb не акумулюється листям аеральним шляхом, тому величини цього ВМ прийнято за константи і за відповідними методичними прийомами розраховано поглинання аеральним і кореневими шляхами.

Коефіцієнти роздільного біологічного поглинання (КРБП) техногенних поллютантів листяними і хвойними породами придорожніх смуг відрізняються. Листяні деревні породи на відміну від хвойних, аеральним шляхом акумулюють Mo – 0,33 (граб) – 0,95 (дуб), частково V – 0,17 (дуб), Zn – 0,14 (смерека). КРБП Co листям у всіх відібраних зразках деревних порід змінювалися від 0,33 (дуб) до 0,73 (бук), Cu – 0,52 (сосна) – 0,99 (дуб, граб), Ni – 0,23 (сосна) – 0,99 (граб, дуб, бук, смерека), Mn – 0,61 (ясен) – 0,98 (дуб, смерека), Ba – 0,43 (граб) – 0,92 (дуб, смерека), Sr – 0,64 (граб) – 0,94 (дуб, смерека).

Найактивніше аерально поглинає листя Cu, Ni, Mn, Co (у 100 % зразків); частково – Ba, Sr (80 %); Mo (40 %); V і Zn (20 і 10 %) (рис. 2).

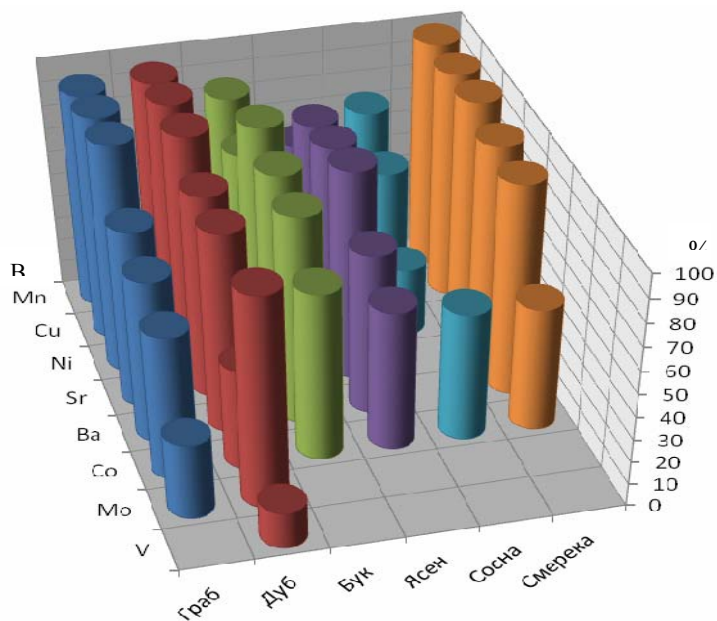


Рис. 2. Аеральне поглинання ВМ деревними породами

Переважання поглинання різних хімічних елементів аеральним шляхом, може бути пов'язано, з розмірами та розміщенням листової поверхні, інтенсивністю впливу аеральних опадів, слаборозвинутою кореневою системою в піщаних наносах з високими фільтраційними властивостями.

Одним із токсичних автомобільних поліютантів є Цинк, тому варто детальніше зосередити увагу на його акумулятивних тенденціях у придорожніх деревних породах, оскільки нами встановлено невисоку активність аерального поглинання цього дорожнього поліютанта.

Відмітимо, що низький рівень акумуляції Цинку в листі бука, граба, тополі, верби виявлено в межах Свалявської улоговини Карпат. З 13 зразків рослин, що ростуть біля автомагістралі, тільки в шести було зафіксовано накопичення цього поліютанта. В 54 % відібраних зразків вміст Цинку не виявлено. Там же, в листі граба, виявлено вміст цього елемента в 50 % зразків (Voloshin, 1998).

За дослідженнями (Voloshin and Matviychuk, 2009), коефіцієнти біологічного поглинання Zn рослинами приавтомагістральних смуг дороги М-07 (Київ–Ковель–Ягодин), характеризуються високою інтенсивністю. Коефіцієнти загального поглинання змінювались від 2,44 до 22,88, що на нашу думку пов'язано з тривалим та інтенсивним використанням Волинських доріг на сучасному етапі.

Коефіцієнт поглинання Zn листям дуба в парково-вуличних насадженнях Луцька, Ковеля, Володимир-Волинського, Любомля, Камінь-Каширського, Нововолинська, Рожища, Ківерців, Горохова, Устилуга, Берестечка змінювався від 19 до 56 %. Однак в листі окремих зразків вміст Zn був відсутній.

Таким чином, у кожному конкретному випадку проявляються свої поглинальні особливості, пов'язані з будовою листя, субстрату, наявності інтенсивного джерела забруднення, що необхідно враховувати для об'єктивного висновку при характеристиці поведінки окремих хімічних елементів, в тому числі Zn.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що Pb, Zn, Co, Cr, Sr інтенсивно поглинається листям ясена високого, Cu, Mo, Mn, V, Zr – дуба звичайного; Ni, Ba – граба звичайного, Fe, Ti – хвощу смереки європейської.

Виявлено переважання аерального поглинання Cu, Mn, Ba, Sr, Co, Ni, Mo, V листям граба, дуба, бука, сосни, ясена, смереки.

Деревні породи з високими поглинальними властивостями рекомендовано для заліснення (оновлення) приавтомагістральних лісосмуг.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Avesalamova, I. A., 1987. Geokhimicheskie pokazateli pri izuchenii landshaftov [Geochemical indicators in the study of landscapes]. MGU, Moscow (in Russian).

Bessonova, V. P., Zayceva, I. A., 2008. Vmist vashkuch metaliv u lusti derev i chaharnukiv v umovach technogennoho zabrudnennja riznoho pohpdzennja [The content of heavy metals in leaves of arboreal plants in the conditions of different industrial contaminations]. Pytannja bioindukacii ta ekologii Zaporizh'e, 13 (2), 1–17 (in Ukrainian).

Elpatievskij, P. V., 1993. Geokhimiya migracii potokov pryrodnyh i pryrodno-technogenykh geosystem [Geochemistry of migration flows natural and natural-technogenic geosystems]. Nauka, Moscow (in Russian).

Glazovska, M. A., 1976. Landshaftno-geochemicheskie system i ich ustoychevost k technogenesy [Landscape-geochemical systems and their stability from technogenesis]. Biochemichni v biosferi. Nauka, Moscow (in Russian).

Perelman, A. I., 1989. Geokhimiya [Geochemistry]. Vush. shkola, Moscow (in Russian).

Polevoy, V. V., 1989. Fiziologiya rasteniy [Vegetable physiology]. Higher school, Moscow (in Russian).

Polynov, B. B., 1956. Uchenie o landshaftah [Doctrine of landscapes]. AN SSSR, Moscow (in Russian).

Rodin, L. E., Bazylevich, N. I., 1965. Dynamika organicheskogo veschestva i

biologicheskii krugovorot v osnovnich typach rastitelnosti [Dynamics of organic substance and biological cycle in major vegetation types]. Leningrad (in Russian).

Scheffer, K., Stach, W., Vardakis, F., 1979. Über die Verteilung der Schwermetallen Eisen, Mangan, Kupfer und Zink in Sommergesternpflanzen. Landwirtsch, Forsch (in German).

Terry, N., 1979. Physiology of trace element toxicity and its relation to iron stress. Int. Symp Trace Element Stress in Plants. Los Angeles, November 6, 50.

Vasuljev, V. P., 1983. Ohrana okruzhajuchoi sredi pru ispolzovanii pesticidov [Environmental protection from using the pesticide]. Urozaj, Kiev (in Russian).

Voloshin, I. M., 1998. Landshaftno-ecologichni osnovy monitoringu [Landscape-ecological bases of monitoring]. Liga Pres, Lviv (in Ukrainian).

Voloshin, I. M., Lepkiy, M. I., Mezenceva, I. V., 2012. Ecologo-geografichny ta valeologichny analiz zahvoryuvanosti

naseleennja Volinskoj oblasti [Ecological-geographical and valeological analysis of morbidity people Volyn Oblast]. Teren, Luck (in Ukrainian).

Voloshin, I. M., Matviychuk, M. I., Lepkiy, M. I., 2009. Osoblivosti geohimichnogo zabrudnennja priavtomagistralnih smug Volini [The features of geochemical contamination by near highway lines of Volyn]. Teren, Luck (in Ukrainian).

Voloshin, I. M., Mezenceva, I. V., 2008. Otsinka poglinannja himichnih elementiv zelenimy nasadzhennyami urboteritorij Volinskoj oblasti [Evaluation of absorption of chemical elements green urboterritory of Volyn oblast]. Geografiya v informatsynomu suspilstvi: zbirnik naukovych prac. VGL, Kiev, 200–205 (in Ukrainian).

Voloshin, I. M., Sobeckho, O. R., 2013. Kislotni opady mista Lvova: ih himizm, metalizatsiya prirodnych komponentiv [Acid precipitation of Lviv: the chemistry and metallization natural components]. Monographia. LDUFK, Lviv (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 16.04.2014

Рекомендує до друку: д-р с.-г. наук, проф. А. В. Боговін

BIOGEOCENOLOGY, GEOBOTANY AND PHYTOCENOLOGY



O. I. Dzjuba¹ ✉
M. V. Yatsenko²

Cand. Sci. (Biol.), Sen. Res. Sci.

UDK 582.70

¹ M. M. Gryshko National Botanical Garden,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Timiryazevska str., 1, 01014, Kyiv, Ukraine

² Taras Shevchenko National University of Kyiv,
ESC "Institute of Biology", Prospekt Hlushkov, 2,
03022, Kyiv, Ukraine

ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL AS WELL AS BIOCHEMICAL PROPERTIES OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS *SEDUM* L.

Abstract. The article deals with the history of the study and the current state of research of physiological and biochemical properties of the plant genus *Sedum* that are useful for human and has been used in folk medicine for many years.

It was noticed that antioxidant properties of extracts from plants *S. sarmentosum*, *S. sempervivoides*, *S. takesimense* were caused by the presence of phenolic compounds. Methanol extract of plants *S. takesimense* exhibited strong scavenging activities against 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and superoxide radicals as well as significant inhibitory effects on lipid peroxidation and low density lipoprotein (LDL) oxidation induced by a metal ion Cu²⁺.

Various immunomodulatory activities of various fractions of plants extracts (*S. dendroideum*, *S. kamtschaticum*, *S. sarmentosum*, *S. telephium*) are observed. It was shown that the ethanol extract of *S. sarmentosum* and its fractions suppressed specific antibody and cellular responses to ovalbumin in mice. The methanol extract of plants *S. sarmentosum* reduced the levels of anti-inflammatory markers, such as volume of exudates, number of polymorphonuclear leukocytes, suppressed nitric oxide synthesis in activated macrophages via suppressed induction of inducible nitric oxide synthase (iNOS). Polysaccharides fractions from plants *S. telephium* inducing productions of tumor necrosis factor alpha (TNF- α), increasing the intensity of phagocytosis in vitro and in vivo. Methanol extract from the whole part of *S. kamtschaticum* strongly inhibit PGE2 production from lipopolysaccharide-induced RAW 264.7 cells, a mouse macrophage cell line via modulating activity in gene expression of the enzyme cyclooxygenase-2 (COX-2). The methanol extract of plants *S. sarmentosum* and the major kaempferol glycosides from *S. dendroideum* have antinociceptive activity.

It was noticed that anti-adipogenic activity of extracts from plants *S. kamtschaticum* were caused by inhibition of peroxisome-proliferator-activated receptor γ (PPAR γ) expression and its dependent target genes, such as genes encoding adipocyte protein 2 (aP2), lipoprotein lipase (LPL), adiponectin and CD36.

Polysaccharides fractions from *S. telephium* cause inhibition of cell adhesion of human fibroblast (MRC5) to laminin and fibronectin via interfere with integrin-mediated cell behaviour and

✉ Tel.: +38044-234-19-44. E-mail: dzjuba@nas.gov.ua

DOI: 10.15421/031417

they contributed to the role of polysaccharides in cell-matrix interaction. The methanol extract of plants *S. sarmentosum* exhibited a significant inhibitory activity in the chick embryo chorioallantoic membrane angiogenesis in a dose-dependent manner. The crude alkaloid fraction of *S. sarmentosum* caused a dose-dependent inhibition of cell proliferation on murine hepatoma cell line BNL CL.2 and human hepatoma cell line HepG2 without necrosis or apoptosis.

Alkaloids from plants *S. sarmentosum* may improve survival of hepatoma patients via the inhibition of excessive growth of tumor cells. Plant's juices have antiviral activity (*S. sarmentosum*, *S. spurium*, *S. stahlii*). Crude ethanol extract *S. praealtum* have spermicidal activity of the in mice and a relevant inhibitory effect of aqueous extract on human spermatozoa motility as well as an anti-fertilizing activity in rats. Hepatoprotective triterpenes, e.g., δ -amyrone, 3-epi- δ -amyrin, δ -amyrin and sarmentolin were isolated from *S. sarmentosum*.

2- and 2,6-substituted piperidine alkaloids (e.g., norsedamine, allosedridine, sedamine, allosedamine) are observed in plants *S. acre*, which in the presence of data on the use of pyridine and piperidine derivatives for treating neurodegenerative diseases (e.g., Alzheimer's disease), points on the promising research in this area.

Taking into account that biologically active compounds are accumulated in the aboveground vegetative organs of plants of *Sedum*, the prospects of further study of the use of *Sedum* for the purposes of biotechnology and in the pharmaceutical industry becomes apparent.

This work extends the existing views regarding the use of plants *Sedum*.

Key words: *Sedum*, activity, biologically active compounds.

УДК 582.70

О. И. Дзюба¹

канд. биол. наук, стар. науч. сотр.

М. В. Яценко²

¹Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришка Национальной академии наук Украины, ул. Тимирязевская, 1, 01014, г. Киев, Украина,
тел.: +380044-234-19-44, e-mail: dzjuba@nas.gov.ua

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, УНЦ «Институт биологии», проспект Академика Глушкова, 2, 03022, г. Киев, Украина

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *SEDUM* L.

Рассмотрена история изучения представителей рода *Sedum* и современное состояние исследований полезных для человека физиолого-биохимических свойств растений. Систематизированы современные данные по исследованию антиоксидантной активности, влиянии на иммунную систему, антиноцицептивную активность, антиадипогенную активность, торможение клеточной адгезии, ингибирование ангиогенеза, антипролиферативную активность, антивирусную активность, спермицидную активность, гепатопротекторные свойства веществ из растений *Sedum*. Данная работа расширяет существующие взгляды относительно использования растений *Sedum*.

Ключевые слова: *Sedum*, активность, биологически активные вещества.

УДК 582.70

О. І. Дзюба¹

канд. біол. наук, стар. наук. співр.

М. В. Яценко²

¹Національний ботанічний сад ім. Н. Н. Гришка Національної академії наук України, вул. Тимірязівська, 1, 01014, м. Київ, Україна,
тел.: +380044-234-19-44, e-mail: dzjuba@nas.gov.ua

²Київський національний університет імені Тараса Шевченко, ННЦ «Інститут біології», проспект Академіка Глушкова, 2, 03022, м. Київ, Україна

ЕКОЛОГО-ФІЗИОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *SEDUM* L.

Розглянуто історію вивчення представників роду *Sedum* та сучасний стан досліджень корисних для людини фізіолого-біохімічних властивостей рослин. Систематизовано сучасні дані щодо дослідження антиоксидантної активності, впливу на імунну систему,

антиноцицептивну активність, антиадипогенну активність, гальмування клітинної адгезії, інгібування ангиогенезу, антипроліферативну активність, антивірусну активність, сперміцидну активність, гепатопротекторну властивість речовин з рослин *Sedum*. Дана робота розширює існуючі погляди відносно використання рослин *Sedum*.

Ключові слова: *Sedum*, активність, біологічно активні речовини.

ВСТУП

В Україні зростають 17 видів *Sedum* (Mosyakin and Fedoronchuk, 1999) і виникла необхідність провести літературний огляд. Деякі з видів *Sedum* широко культивуються і дичавіють (Eggli, 2003). Представники роду *Sedum* належать до сукулентів, мають специфічний процес фотосинтезу за САМ-типом (Crassulacean acid metabolism), який дозволяє сукулентам витратити приблизно у 30 разів менше води, ніж іншим рослинам. (Teeri et al., 1981). Хімічні дослідження видів роду *Sedum* призвели до ізоляції декількох класів речовин, таких як алкалоїди, дубильні речовини, флавоноїди і ціаногенні сполуки (Nahrstedt et al., 1982; Mulinacci et al., 1995; Stevens et al., 1995; De Melo et al., 2005).

Фармацевтичні препарати з фітосировини з рослин *Sedum* використовуються в клінічній практиці з 1971 року (Su, 1993). З рослин *S. maximum* (L.) Suter. виробляють препарат біосед (Biossedum), який за фармакологічною дією належить до біогенних стимуляторів. Використовують його як допоміжний засіб, що стимулює процеси обміну й регенерацію тканин в офтальмології, терапії, хірургії та стоматології (Bezborod'ko, 1972).

Історія вивчення

Рід *Sedum* описаний Карлом Лінеєм в 1753 році (Goncharova, 2006). Проте згадки про рослини роду *Sedum* зустрічаються ще в працях Плінія (Regnat, 2004). Докладний таксономічний аналіз роду приведений у роботі С. Б. Гончарової (Goncharova, 2006). Докладний ботанічний опис роду та характеристику його видів можна знайти в роботах (Eggli, 2003; Tsvelev, 2001).

Антиоксидантна активність

Е. К. Мо зі співавторами (Mo et al., 2011) провели екстракцію з ліофілізованих листків *S. sarmentosum* н-гексаном, н-бутанолом, етилацетатом і метанолом. Загальний вміст поліфенолів в етилацетатному екстракті (ЕАЕ) і метаноловому екстракті (МЕ) був значно вищим, ніж у екстрактах неполярних розчинників. ЕАЕ і МЕ показали чудову антиоксидантну активність у поглинанні дифенілпікрилгідрозилу, також вони мають високу ємність поглинання радикалів кисню. Перекисне окислення ліпідів ефективно інгібуються додаванням екстрактів листків *S. sarmentosum*. Був знайдений пентациклічний тритерпеноїд, ідентифікований як D-фрідеолеан-13-ен-3-он (тараксерон), який є новим антиоксидантом з рослин *S. sarmentosum* (Mo et al., 2012).

П. Т. Туонг зі співавторами (Thuong et al., 2007) виділили фенольні сполуки з рослин корейського ендемічного виду *S. takesimense* Nakai. Їх структури були визначені як 1-(4-гідроксифеніл)-2-(3,5-дигідроксифеніл)-2-гідроксиетанон, госипетин-8-*O*-β-D-ксилопіранозид та 2,6-ди-*O*-галоїларбутин, а також ще 11 раніше відомих фенольних сполук. Госипетин-8-*O*-β-D-ксилопіранозид та 2,6-ди-*O*-галоїларбутин виявили високу активність поглинання дифенілпікрилгідрозилу та супероксидних радикалів, а також значні інгібуючі ефекти на перекисне окислення ліпідів (IC₅₀ 14,0 та 10,8 μM, відповідно) і окислення ліпопротеїнів низької щільності, індукованого іоном металу Cu²⁺ (IC₅₀ 5,7 і 3,3 μM, відповідно).

А. Маві зі співавторами (Mavi et al., 2004) виявили антиоксидантну активність та поглинання дифенілпікрилгідрозилу та супероксидних радикалів екстрактами *S. sempervivoides*, які зростають в Східній Туреччині.

Вплив на імунну систему та антиноцицептивна активність

В дослідженні Ф. Каїна та Х.-К. Суна (Qin and Sun, 2008) було показано, що етанольний екстракт *S. sarmentosum* значно пригнічує клітинну ланку імунної відповіді у мишей на конканавалін А (Con A) і ліпополісахариди. У штучно імунізованих овальбуміном мишей спостерігалось значне зниження сироваткових рівнів IgG1 і IgG2b у відповідь на вплив екстракту, що вказує на пригнічення гуморальної ланки імунної відповіді. Фракція, що переважно складається з флавоноїдних глікозидів, виявила найвищу імуносупресивну активність.

Антиноцицептивна активність екстрактів з *S. sarmentosum* була продемонстрована з використанням, в якості моделі, індукованих оцтовою кислотою судом у мишей. Екстракти з *S. sarmentosum* зменшували рівні прозапальних маркерів, таких як об'єм ексудату, кількість поліморфно-ядерних лейкоцитів. Екстракт інгібував синтез оксиду азоту в макрофагах лінії RAW 264.7, які були активовані ліпополісахаридами. Пригнічується індукція індукцибельної NO-синтази (iNOS) в активованих макрофагах (Jung et al., 2008).

S. telephium L., широко поширений в Європі, відомий не тільки як декоративна рослина, але і як засіб для лікування запальних захворювань шкіри (Hänsel et al., 1994). Полісахариди і декілька флавонольних глікозидів кемпферолу і кверцетину вважаються речовинами, які спричиняють протизапальні ефекти цієї рослини (Hänsel et al., 1994; Sendl et al., 1993; Mulinacci et al., 1995). А. Сендл зі співавторами (Sendl et al., 1993) виділили два полісахариди, рамногалактуронани, з висушених листків *S. telephium*. Обидва полісахариди індують продукцію фактору некрозу пухлин альфа (TNF- α), підвищують інтенсивність фагоцитозу *in vitro* та *in vivo*, і виявляють протизапальну активність.

В дослідженнях Д. В. Кім зі співавторами (Kim et al., 2004) було встановлено, що метанолові екстракти з усієї рослини *S. kamtschaticum* сильно інгібують продукцію простагландину PGE₂ клітинами лінії мишачих макрофагів RAW 264.7, індукованими ліпополісахаридами. Метаноловий екстракт інгібує набряк вух мишей, індукований кротоновою олією (24–47%-ве інгібування при 50–400 мг/кг) і набряк лап щура (24–30%-ве інгібування при 400–800 мг/кг) при пероральному введенні. Метанолові екстракти з рослин *S. kamtschaticum* також показали значну інгібуючу активність щодо набряку мишачого вуха, викликаного багаторазовим впливом форболового ефіру протягом 3 днів. Крім того, *S. kamtschaticum* проявив потужну аналгетичну активність проти індукованих оцтовою кислотою судом у мишей (IC₅₀ = 125 мг/кг). Використовуючи активовані ЛПС клітини RAW 264.7, було знайдено негативну регуляцію експресії гена фермента циклооксигенази-2 (COX-2), що може бути одним з механізмів протизапальної дії *S. kamtschaticum*.

Д. О. Де Мело зі співавторами (De Melo et al., 2005) повідомили, що пероральне введення мишам ліофілізованого соку *S. dendroideum* спричиняло залежне від дози зниження оцтової кислотної індукованої судом, інгібувало формування вушного набряку, індукованого кротоновою олією та інгібувало другу фазу ноціцепції (фізіологічного болю) в формаліновому тесті. Хімічне дослідження свіжого соку призвело до виділення 4 флавоноїдів: кемпферол 3-*O*- α -рамнопіранозид-7-*O*- α -рамнопіранозиду (кемферитрину), кемпферол 3-*O*- β -глюкопіранозид-7-*O*- α -рамнопіранозиду, кемпферол 3-*O*-неогесперидозид-7-*O*- α -рамнопіранозиду і кемпферол 3-*O*-неогесперидозид-7-*O*- β -глюкопіранозиду. В подальших дослідженнях (De Melo et al., 2009) з соку отримали сім флавоноїдів. Пероральне введення основних глікозидів кемпферолу: кемферитрину [1] (17,29 мкмоль/кг), кемпферол 3-*O*- β -глюкопіранозид-7-*O*- α -рамнопіранозиду [2] (16,82 мкмоль/кг), кемпферол 3-*O*-неогесперидозид-7-*O*- α -рамнопіранозиду [3] (13,50 мкмоль/кг) або α -рамноізоробіну [4] (23,13 мкмоль/кг) інгібувало, відповідно, на 47,3 %, 25,7 %, 60,2 % і 58,0 % індуковану оцтовою кислотою ноціцепцію (індометацин: 27,95 мкмоль/кг, перорально; 68,9 %). Флавоноїди 1, 2, 3 або 4, в тих же дозах, знизили на 39,5 %,

46,5 %, 35,6 % і 33,3 %, відповідно, індукований кротоновою олією вушний набряк і порушили міграцію лейкоцитів на 42,9 %, 46,3 %, 50,4 % і 49,6 %, відповідно. Результати свідчать, що основні глікозиди кемпферолу з *S. dendroideum* можуть мати застосування для лікування болю і запалень.

Антиадипогенна активність

За результатом скринінгу екстрактів з диких рослин, проведеного В.-С. Янг зі співавторами (Jang et al., 2012), рослини *S. kamtschaticum* виділено як такі, що містять антиадипогенні сполуки, тобто здатні завадити розвитку ожиріння. Метанолові екстракти пригнічували накопичення ліпідів в клітинах первинних мишачих ембріональних фібробластах C3H10T1/2 і клітин 3T3-L1 залежно від дози. Екстракти інгібували експресію мРНК пероксисомально рецептора активації проліферації гамма PPAR γ (peroxisome proliferator-activated receptor gamma) і залежних від нього генів-мішеней, таких як гени, що кодують білок адипоцитів 2 (aP2), ліпопротеїнліпази, адипонектин та CD36. Результати показали, що наявні властивості інгібування синтезу та зберігання ліпідів в жирових клітинах (адипоцитах) потенційно можуть використовуватись для лікування ожиріння і пов'язаних з ним метаболічними синдромів.

Гальмування клітинної адгезії

Адгезія клітин представляє собою перший етап в загоєнні ран та є важливою ланкою в тканинному гомеостазі, тому Л. Реймонді зі співавторами (Raimondi et al., 2000) досліджували вплив соку *S. telephium* і його основні фракції: полісахаридів і флавоноїдів, – на адгезію людських фібробластів (MRC5) до фібронектину і ламініну. Їхні результати показали, що сік сильно гальмував клітинну адгезію до ламініну і фібронектину (EC_{50} $1,03 \pm 0,12$ мг/мл⁻¹). Ця антиадгезивна властивість була, в основному, зосереджена в двох фракціях полісахаридів (варіація EC_{50} між 0,09 і 0,44 мг/мл⁻¹). Флавоноїдні фракції не спричиняли такий ефект. Також ці автори провели першу спробу ідентифікації полісахаридів, які відповідають за антиадгезивні властивості соку рослин *S. telephium*. Результати підтвердили, що природні полісахариди, з різними хімічними структурами, відмінними від гепарину, були здатні заважати опосередкованій інтегринами процесам.

Інгібування ангиогенезу

В дослідженні Х.-Й. Янга зі співавторами (Jung et al., 2008) показано, що метанольні екстракти з рослин *S. sarmentosum* демонструють значне, залежне від дози, інгібування ангиогенезу в хоріоалантоїсній мембрані курячого ембріону (IC_{50} = 2,29 μ г/яйце).

Антипроліферативна дія

Т. Х. Канг зі співавторами (Kang et al., 2000) дослідили наявність протиракових ефектів сирової фракції алкалоїдів з *S. sarmentosum*. Клітинні лінії мишачої гепатоми BNL CL.2 і людської гепатоми HepG2 культивували в присутності сирової фракції алкалоїдів при різних дозах (50–150 мг/мл) протягом 24 або 48 годин. Фракція алкалоїдів викликала залежне від дози інгібування клітинної проліферації без некрозу чи апоптозу. Антипроліферативна дія була пов'язана із збільшенням числа клітин у фазі G1 клітинного циклу. Це дослідження показує, що речовини з рослин *S. sarmentosum* можуть поліпшити виживання хворих з гепатомою через інгібування надмірного зростання пухлинних клітин та вказують на необхідність подальших детальних досліджень у цьому напрямку.

Антивірусна активність

Рослини виду *S. sarmentosum* традиційно використовуються в народній медицині для лікування хронічних вірусних гепатитів в Китаї та Південній Кореї (Su, 1993).

В. П. Ширококовим з співавторами (Shirobokov et al., 1983) були вивчені антивірусні властивості соку рослин 49 видів *Sedum*. В дослідженні РНК-вмісні віруси (Коксакі В-1, Коксакі В-6, вірус везикулярного стоматиту (ВВС), вірус грипу А/Гонконг/1/68 (H3N2) і ДНК-вмісний бактеріофаг Т-2) титрували по методу бляшок. Результати свідчать, що соки рослин двох видів мають високу віруцидну активність на поліовірус другого типу (Себіна). Для *S. spurium* індекс нейтралізації ІН 50 % склав 1:8192, для *S. stahlii* ІН 50 % склав 1:8192. Настільки ж висока активність зареєстрована і при дії на інші віруси (ентеровіруси, ВВС, бактеріофаг Т-2). ІН 50 % відносно вірусу грипу був приблизно на один порядок нижчим. Час контакту не впливав на ступінь віруцидної активності, яка проявлялась вже через 1 хв взаємодії вірусу і соку.

Сперміцидна активність

Водний відвар з надземних частин рослин *Sedum praealtum* DC., що зростає від Мексики до Гватемали, використовується вагінально у народній медицині мексиканського штату Морелос як протизаплідний засіб (Avilés, 1985). Р. Сілва-Торрес з співавторами (Silva-Torres et al., 2003) дослідили сперміцидну активність сирій етанольної витяжки з рослин *S. praealtum* на мишах. Ними було доведено, що екстракт *S. praealtum* має токсичну дію на життєздатність сперматозоїдів. LD₅₀ неочищеного екстракту становить 44 мг/кг ваги тіла. У *S. praealtum* є синонім *S. dendroideum* (Clausen, 1959). Раніше Й. Гарсія-Пінеда з співавторами (García-Pineda et al., 1986) довели наявність гальмівного ефекту водного екстракту рослин цього виду (під назвою його синоніма – *S. dendroideum*) на моторику сперматозоїдів людини, а також контрацептивну активність у шурів.

Гепатопротекторні властивості

У дослідженнях А. Хе зі співавторами (He et al., 1998) δ-амірон, 3-епі-δ-амірин, δ-амірин, а також новий гідроперокситерпен, 18β-гідроперокси-олеан-12-ен-3-он (названий сарментоліном), були виділені як гепатопротекторні агенти з *S. sarmentosum*.

Перспективи використання алкалоїдів для лікування нервоводегенеративних хвороб (Alzheimer's disease)

Останнім часом, з'явилися дані про використання заміщених піридинів і піперидинів в якості лікувальних засобів проти хвороби Альцгеймера, що є предметом патенту (Meth-Cohn et al., 2000).

В роботі (Francis et al., 1977) та роботах, що в ній цитується повідомлялось про 2- і 2,6-заміщені алкалоїди піперидину в рослинах *S. acre*.

В наступних дослідженнях було ізольовано і виділено 6 алкалоїдів: седамін, седрідин, седінон, ізопелетієрин і нікотин. В основному, це вторинні і третинні піперидинові основи з відносно простою молекулярною структурою, з гідроксильних і карбонільних груп (Hänsel et al., 1994).

Я. Ф. Стевенс зі співавторами (Stevens et al., 1993) дослідили рослини 16 видів з *Sedum acre*-групи на наявність алкалоїдів. Листки видів серій *Alpestris*, *Samia* та *Litorea* містять 4 піперидинових алкалоїди, які також наявні і в *S. acre*, а також 4 піролідинові алкалоїди, які відсутні в *S. acre*.

ФітореMediaція ґрунтів, забруднених важкими металами

S. alfredii Hance є гіпернакопичувачем Zn і Cd, ця властивість була відкрита Я. Ксіао'є (Xiao'e et al., 2002) і стала темою багатьох досліджень, з 2005 вийшло понад 80 наукових статей. Батьківщиною виду є Китай. Dong-Mei Deng зі співавторами (Deng et al., 2008) дослідили внутрішньовидові відмінності рослин в накопиченні металів. Згідно отриманих результатів, популяції, що зростають поблизу шахт: Quzhou (провінція Чжецзян), Yejiwei і Qiaokou (провінція Хунань, Китай) можуть мати високий потенціал для фітореMediaції Zn, популяція з шахти Quzhou

може мати високий потенціал для фітореMediaції Cd, а популяція з шахти Qiaokou може бути найбільш корисною для фітореMediaції Pb.

Комбіноване забруднення дихлордифенілтрихлорметилметаном (ДДТ) і Cd сільськогосподарських ґрунтів викликає велике занепокоєння, тому що вони представляють серйозну небезпеку для продовольчої безпеки і здоров'я людини. Х. Фанг зі співавторами (Fang et al., 2012) дослідили метод комбінованої реMediaції ДДТ і Cd з використанням *Sphingobacterium sp.* штам D-6 та *S. alfredii*. Після спільного культивування протягом 210 днів, час напіврозпаду ДДТ у ґрунтах, оброблених штамом D-6 знизився, в порівнянні з контролем, на 8,1 % до 68,0 %. Концентрація Cd в ґрунті знизилась до 65,8–71,8 % при вирощуванні *S. alfredii* і до 14,1–58,2 % при комбінованому культивуванні *S. alfredii* та штаму D-6, відповідно, в порівнянні з контролем. Було зроблено висновок, що *Sphingobacterium sp.* штам D-6 і *S. alfredii* можуть бути використані для фітореMediaції ДДТ і Cd з ґрунту. Ж. Жу зі співавторами (Zhu et al., 2012), в дослідженні з такою ж метою, разом з *S. alfredii* та *Sphingobacterium sp.* D6 використали суміш ґрунтових організмів: *Fusarium solani*, *Alcaligenes eutrophus* A5, *Boletus edulis*, *Serratia marcescens* DT-1P, *Pseudomonas fluorescens*, *Cladosporium sp.* AJR3 18501, *Ralstonia eutropha* A5, *Pseudomonas acidovorans* M3GY, *Terrabacter sp.* DDE-1, *Shewanella decolorationis* S12, *Phanerochaete chrysosporium* та ще 12 грибів. Було отримано значне збільшення фітореMediaції. Вивчалися результати спільного культивування і з іншими мікроорганізмами (Guo et al., 2011; Xinxian et al., 2011).

Іншим видом, який є гіпернакопичувачем Zn та Cd, є *S. plumbizincicola* X. H. Guo et S. B. Zhou ex L. H. Wu (Wu et al., 2012).

ФітореMediaція водойм, забруднених важкими металами

Б. Чен зі співавторами (Chen et al., 2013) оцінили потенціал рослин *S. alfredii* в застосуванні для очищення забрудненої води водойм від важких металів. Дослідження показало, що зміни рН води водойми не спричиняло значних змін на накопичення важких металів у рослинах. Рослини накопичують близько 5,0 мг/кг сухої ваги Cd і 41,4 мг/кг сухої ваги Pb. Загалом, рослини *S. alfredii* продемонстрували значний потенціал для застосування в очищенні водойм, забруднених важкими металами. Проводились і інші подібні дослідження (Xiong et al., 2011).

ВИСНОВКИ

Отже, аналіз літературних даних свідчить про широкий інтерес дослідників до різних видів роду *Sedum*. Найбільш дослідженими є *S. alfredii*, *S. sarmentosum*, *S. dendroideum*. На нашу думку, дослідження в напрямку використання алкалоїдів піперидинового ряду для лікування хвороби Альцгеймера є найбільш перспективними. Однак, наукові дослідження, присвячені цьому питанню, ще дуже далекі до завершення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Avilés, M., 1985. Plantas Empleadas por Parteras Empíricas del Estado de Morelos, B.Sc. Thesis, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Mexico, 53–56.
- Bezborod'ko, B. N., 1972. Klinicheskiye dannyye po izucheniyu bioseda [Clinical data for the study of biosed]. Materials of All-Union Scientific Conference on the pharmacological and clinical studies of drugs from plants, Moscow (in Russian).
- Bieganowska, S., Waksrondzki, A., 1976. Alkaloids of the herb *Sedum acre* L. Part I. Chromatographic analysis, Chromatographia, Vol. 9, No. 5, 215–218.
- Chen, B., Ai, W., Gong, H., Gao, X., Qiu, B., 2013. Cleaning up of heavy metals-polluted water by a terrestrial hyperaccumulator *Sedum alfredii* Hance, Frontiers in Biology, Vol. 8, Is. 6, pp. 599–605.
- Clausen, R. T., 1959. *Sedum* of the Trans-Mexican Volcanic Belt: An Exposition of

Taxonomic Methods, Cornell University Press, Ithaca.

De Melo, G. O., Malvar, D. C., Vanderlinde, F. A., Pires, P. A., Côrtes, W. S., Germano F. P., Muzitano, M. F., Kaiser, C. R., Costa, S. S., 2005. Phytochemical and pharmacological study of *Sedum dendroideum* leaf juice, *Journal of Ethnopharmacology*, 102, 217–220.

De Melo, G. O., Malvar, D. C., Vanderlinde, F. A., Pires, P. A., Côrtes, W. S., Germano Filho, P., Muzitano, M. F., Kaiser, C. R., Costa, S. S., 2005. Phytochemical and pharmacological study of *Sedum dendroideum* leaf juice, *Journal of Ethnopharmacology*, 102, 217–220.

De Melo, G. O., Malvar, D. C., Vanderlinde, F. A., Rocha, F. F., Pires, P. A., Costa, E. A., De Matos, L. G., Kaiser, C. R., Costa, S. S., 2009. Antinociceptive and anti-inflammatory kaempferol glycosides from *Sedum dendroideum*, *Journal of Ethnopharmacology*, 124, 228–232.

Deng, D.-M., Deng, J.-C., Li, J.-T., Zhang, J., Hu, M., Lin, Z. & Liao, B., 2008. Accumulation of Zinc, Cadmium, and Lead in Four Populations of *Sedum alfredii* Growing on Lead/Zinc Mine Spoils, *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(6), 691–698.

Encyclopedia of Chinese Materia Medica, 6th ed., 1993. Shanghai Science and Technology Publisher, Shanghai.

Fang, H., Zhou, W., Cao, Z., Tang, F., Wang, D., Liu, K., Wu, X., Yang, X., Sun, Y., Yu, Y., 2012. Combined remediation of DDT congeners and cadmium in soil by *Sphingobacterium* sp. D-6 and *Sedum alfredii* Hance, *Journal of Environmental Sciences*, 24(6), 1036–1046.

Flora Vostochnoy Yevropy. V. 10 [Flora of Eastern Europe, Vol. 10], 2001. Mir i sem'ya, St. Petersburg (in Russian).

Francis, L. P. S., Francis, G. W., 1977. *Sedum* alkaloids, *Planta Med.*, 32, 268–274.

García-Pineda, J., Wens, M. A., Valencia, A., Gallegos, A. J., 1986. Acción de *Sedum dendroideum* sobre la actividad funcional de los espermatozoides, *Archivos de Investigación Médica (México)*, 17, 391–397.

Goncharova, S. B., 2006. Ochitkovyye (Sedoideae, Crassulaceae) flory rossiyskogo Dal'nego Vostoka [Sedums (Sedoideae, Crassulaceae) from flora of the Russian Far East]. *Dal'nauka, Vladivostok* (in Russian).

Guo, J., Tang, S., Ju, X., Ding, Y., Liao, S., Song, N., 2011. Effects of inoculation of a plant growth promoting

rhizobacterium *Burkholderia* sp. D54 on plant growth and metal uptake by a hyperaccumulator *Sedum alfredii* Hance grown on multiple metal contaminated soil, *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 27, 2835–2844.

Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis, Vol. 5, 1994. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 650 p.

He, A., Wang, M., Hao, H., Zhang, D. & Lee, K.-H., 1998. Hepatoprotective triterpenes from *Sedum sarmentosum*, *Phytochemistry*, Vol. 49, No. 8, 2607–2610.

Illustrated Handbook of Succulent Plants: Crassulaceae, 2003. Springer.

Jang, W.-S., Song, N.-J., Yoon, H.-J., Kim, M.-J., Ku, J.-M., Hong, J.-W., Lee, Y. M., Park, K.-M., Park, K. W., 2012. Identification of *Sedum kamtschaticum*, *Lythrum anceps*, and *Astilbe chinensis* var. *davidii* as inhibitors of peroxisome-proliferator-activated receptor γ expression and lipid accumulation, *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 55, 625–631.

Jung, H.-J., Kang, H.-J., Song, Y. S., Park, E.-H., Kim, Y.-M., Lim, C.-J., 2008. Anti-inflammatory, anti-angiogenic and antinociceptive activities of *Sedum sarmentosum* extract, *Journal of Ethnopharmacology*, 116, 138–143.

Jung, H.-J., Kang, H.-J., Song, Y. S., Park, E.-H., Kim, Y.-M., Lim, C.-J., 2008. Anti-inflammatory, anti-angiogenic and antinociceptive activities of *Sedum sarmentosum* extract, *Journal of Ethnopharmacology*, 116, 138–143.

Kang, T. H., Pae, H. O., Yoo, J. C., Kim, N. Y., Kim, Y. C., Ko, G. I., Chung, H. T., 2000. Antiproliferative effects of alkaloids from *Sedum sarmentosum* on murine and human hepatoma cell lines, *Journal of Ethnopharmacology*, 70, 177–182.

Kim, D. W., Son, K. H., Chang, H. W., Bae, K.H., Kang, S.S., Kim, H.P., 2004. Anti-inflammatory activity of *Sedum kamtschaticum*, *Journal of Ethnopharmacology*, 90, 409–414.

Likars'ki roslini: Entsiklopedichniy dovidnik [Medicinal Plants: Encyclopedic Reference], 1992. Publisher M.P. Bazhan's "Ukrayins'ka Entsiklopediya", Kiev. (in Ukrainian).

Mavi, A., Terzi, Z., Özgen, U., Yildirim, A. & Coşkun, M., 2004. Antioxidant Properties of Some Medicinal Plants: *Prangos ferulacea* (Apiaceae), *Sedum sempervivoides* (Crassulaceae), *Malva neglecta* (Malvaceae), *Cruciata taurica* (Rubiaceae), *Rosa pimpinellifolia* (Rosaceae), *Galium verum*

- subsp. *verum* (Rubiaceae), *Urtica dioica* (Urticaceae), Biol. Pharm. Bull., 27(5), 702–705.
- Meth-Cohn, O., Yu, C.-Y., Lestage, P., Lebrun, M.-C., Cagniard, D.-H., Renard, P., 2000. European Patent, 1050531.
- Mo, E. K., Han, B. H., Kim, S. M., Yang, S. A., Kang, S. K., Oh, C. J., Kim, R., Kim, C. G., Kang, H. J. & Sung, C. K., 2012. Identification of d-friedoolean-13-en-3-one (Taraxerone) as an antioxidant compound from sedum (*Sedum sarmentosum*), Food Sci. Biotechnol., 21(2), 485–489.
- Mo, E. K., Kim, S. M., Yang, S. A., Oh, C. J. & Sung, C. K., 2011. Assessment of antioxidant capacity of sedum (*Sedum sarmentosum*) as a valuable natural antioxidant source, Food Sci. Biotechnol., 20(4), 1061–1067.
- Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. M., 1999. Vascular plants of Ukraine. Nomenclatural checklist, Kiev, Specialized typography of scientific journals of Nat. Acad. of Sci. of Ukraine.
- Mulinacci, N., Vincieri, F. F., Baldi, A., Bambagiotti-Alberti, M., Sendl, A., Wagner, H., 1995. Flavonol glycosides from *Sedum telephium* subspecies *maximum* leaves, Phytochemistry, 38, 531–533.
- Mulinacci, N., Vincieri, F.F., Baldi, A., Bambagiotti-Alberti, M., Sendl, A., Wagner, H., 1995. Flavonol glycosides from *Sedum telephium* subspecies *maximum* leaves, Phytochemistry, 38(2), 531–533.
- Nahrstedt, A., Walther, A., Wray, V., 1982. Sarmentosin epoxide, a new cyanogenic compound from *Sedum cepaea*, Phytochemistry, 21, 107–110.
- Qin, F. & Sun, H.-X., 2008. Immunosuppressive Activity of the Ethanol Extract of *Sedum sarmentosum* and Its Fractions on Specific Antibody and Cellular Responses to Ovalbumin in Mice, Chemistry & Biodiversity, Vol. 5, 2699–2709.
- Raimondi, L., Banchelli, G., Dalmazzi, D., Mulinacci, N., Romani, A., Vincieri, F. F. & Pirisino, R., 2000. *Sedum telephium* L. Polysaccharide Content Affects MRC5 Cell Adhesion to Laminin and Fibronectin, J. Pharm. Pharmacol., 52, 585–591.
- Regnat, H., 2004. The name *Sedum*, Sedum Society Newsletter, 70, 76–80.
- Seibert, K., Zhang, Y., Leahy, K., Hauser, S., Masferrer, J., Perkins, W., Lee, L., Isakson, P., 1994. Pharmacological and biochemical demonstration of the role of cyclooxygenase 2 in inflammation and pain, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 91, 12013–12017.
- Sendl, A., Mulinacci, N., Vincieri, F. F., Wagner, H., 1993. Anti-inflammatory and immunologically active polysaccharides of *Sedum telephium*, Phytochemistry, 34(5), 1357–1362.
- Sendl, A., Mulinacci, N., Vincieri, F. F. & Wagner, H., 1993. Anti-inflammatory and immunologically active polysaccharides of *Sedum telephium*, Phytochemistry, Vol. 34, No. 5, 1357–1362.
- Shirobokov, V. P., Yevtushenko, A. I., Lapchik, V. F., Shirobokova, D. N., Nikitin, V. V., Berezkina, V. I., 1983. Antivirussnaya aktivnost' kak biologicheskoye svoystvo nekotorykh predstaviteley semeystva tolstyankovykh (Crassulaceae DC.) [The antiviral activity as a biological property of some members of the family Crassulaceae (Crassulaceae DC.)]. Viruses and viral diseases, Vol. 11, 69–71 (in Russian).
- Silva-Torres, R., Montellano-Rosales, H., Ramos-Zamora, D., Castro-Mussot, M. E., Cerda-García-Rojas, C. M., 2003. Spermicidal activity of the crude ethanol extract of *Sedum praealtum* in mice, Journal of Ethnopharmacology, 85, 15–17.
- Stevens, J. F., Hart, H.'t, Hendriks, H. & Malingré, T. M., 1993. Alkaloids of the *Sedum acre*-group (Crassulaceae), Pl. Syst. Evol., 185, 207–217.
- Stevens, J. F., Hart, H.'t, Van Ham, R. C. H. J., Elema, E. T., Van Den Ent, M. M. V. X., Wildeboer, M., Zwaving, J. H., 1995. Distribution of alkaloids and tannins in the Crassulaceae, Biochemical Systematics and Ecology, 23, 157–165.
- Teeri, J. A., Tonsor, S. J., Turner, M., 1981. Leaf thickness and carbon isotope composition in the Crassulaceae, Oecologia, 50, 367–369.
- The Medicinal Plants of Korea, 1999. Kyo-Hak Pub. Co., Seoul.
- Thuong, P. T., Kang, H. J., Na, M. K., Jin, W. Y., Youn, U. J., Seong, Y. H., Song, K.-S., Min, B.-S., Bae, K. H., 2007. Anti-oxidant constituents from *Sedum takesimense*, Phytochemistry, 68, 2432–2438.
- Wu, L., Li, Z., Akahane, I., Liu, L., Han, C., Makino, T., Luo Y. & Christie, P., 2012. Effects of organic amendments on Cd, Zn and Cu bioavailability in soil with repeated phytoremediation by *Sedum plumbizincicola*, International Journal of Phytoremediation, 14, 1024–1038.

Wu, L. H., Liu, Y. J., Zhou, S. B., Guo, F. G., Bi, D., Guo, X. H., Baker, A. J. M., Smith, J. A. C., Luo, Y. M., 2013. *Sedum plumbizincicola* X.H. Guo et S.B. Zhou ex L.H. Wu (Crassulaceae): a new species from Zhejiang Province, China, Plant Syst. Evol., 299, 487–498.

Xiao'e, Y., Xinxian, L., Wuzhong, N. & Chenxin, F., 2002. *Sedum alfredii* H: A new Zn hyperaccumulating plant first found in China, Chinese Science Bulletin, Vol. 47, No. 19, 1634–1637.

Xinxian, L., Xuemei, C., Yagang, C., Woon-Chung, W.J., Zebin, W., Qitang, W., 2011. Isolation and characterization endophytic bacteria from hyperaccumulator *Sedum alfredii* Hance and their potential to

promote phytoextraction of zinc polluted soil, World J. Microbiol. Biotechnol., 27, 1197–1207.

Xiong, J. B., Mahmood, Q., Yue, M., 2011. The potential of *Sedum alfredii* Hance for the biosorption of some metals from synthetic wastewater, Desalination, 267, 154–159.

Zhu, Z., Yang, X., Wanga, K., Huang, H., Zhang, X., Fang, H., Li, T., Alva, A. K., He, Z., 2012. Bioremediation of Cd-DDT co-contaminated soil using the Cd-hyperaccumulator *Sedum alfredii* and DDT-degrading microbes, Journal of Hazardous Materials, 235–236, 144–151.

Стаття надійшла в редакцію: 15.10.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. Н. В. Заїменко

BIOGEOCENOLOGY, GEOBOTANY AND PHYTOCENOLOGY



V. S. Gavrikova¹✉

O. A. Ignatyuk²

Dr. Sci. (Pedag.), Professor

UDK 574.21

¹*Institute for evolutionary ecology of NAS of Ukraine,
acad. Lebedev str., 37, 03143, Kyiv, Ukraine*

²*National Pedagogical Dragomanov University,
Pyrohova str., 9, 01601, Kyiv, Ukraine*

THE DYNAMICS OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF *ACER PLATANOIDES* L. LEAVES IN URBANIZED ENVIRONMENT

Abstract. The paper discusses the investigation of stability of developmental processes of vegetative organs of *Acer platanoides* L. trees from different habitats (derivative of natural stands and managed plantations). Developmental stability (instability) is appraised based on the value of the index of leaves fluctuating asymmetry. The various aspects of the dynamics of fluctuating asymmetry of *Acer platanoides* L. leaves are discussed from the perspective of its using with the purpose of bioindication of urbanized environmental state.

The method of the detection of fluctuating asymmetry values of *A. platanoides* leaves using the five original morphological parameters that are well detected on recently collected leaves and can be successfully measured on the digital image is developed and suggested by authors. Modification of the method (namely, measuring by using the digital image) is admitted to avoid long-termed measuring the recently collected leaves which will wither quickly enough and change its shape and size. It is established, that there is no significant differences of asymmetry of individual leaves within the tree.

The series of experiments in the "Feofania" was investigated with the purpose of studying the patterns of the dynamics of fluctuating asymmetry during the season. The assays from the same nine trees were collected in May (directly after the leaf-forming), June, July. It is showed, that the fluctuating asymmetry values of *A. platanoides* leaves are not changed reliably ($p=0,05$) within the tree and the whole habitat during the season. Therefore, biomonitoring and bioindication using the fluctuating asymmetry of leaves can be conducted at the beginning and the end of the vegetative season.

The three years dynamics of fluctuating asymmetry values of *A. platanoides* leaves from eight habitats in Kyiv is investigated. During three years the value of fluctuating asymmetry is varied in the short interval – from 6 % to 8 %. It is founded, that the tendency of changing the fluctuating asymmetry values is different for various habitats. The fluctuating asymmetry value of *A. platanoides* leaves for four habitats ("Feofania", "Lysa Gora", "Goloseevskiy Park", "Desnyanskiy Park") of the eight investigated decreases during the 3-year period. The highest values are recorded for three habitats ("Pushcha-Vodytsia", "Vossoedinenia Avenue", "Siretskiy Grove") in 2012. The tendency of the asymmetry increasing during the whole period of investigation is recorded in only one habitat ("Ivana Kudri Street"). The fluctuating asymmetry value in 2013 is lower than the value of this parameter in 2012 in seven of the eight habitats (except "Ivana Kudri Street"). The averaged annual fluctuating asymmetry values in all habitats of the megalopolis also suggest that there is a slight decrease of the asymmetry value in 2013 in comparison with previous years.

✉ Tel.: +38063-372-96-39. E-mail: viktoria100@i.ua

DOI: 10.15421/031418

Discovered differences of the fluctuating asymmetry values of *A. platanoides* leaves in studied habitats in different years show the tendency, which does not give the clear picture. Apparently, it is connected with the certain constellation of existing natural and anthropogenic factors. To discovery its regularity the more prolonged and profound investigations should be conducted. Therefore, to get representative results of monitoring we recommend conducting the bioindication with using the fluctuating asymmetry values of *A. platanoides* leaves during several (minimum three) years running.

The comparison of the averaged (during three years) values of the fluctuating asymmetry of every habitat and the averaged value of the whole megalopolis shows normalized results. The habitats "Desnyanskiy Park" and "Vossoedinenia Avenue" demonstrate reliably higher fluctuating asymmetry. There is also the similar fluctuating asymmetry value of leaves from habitat "Ivana Kudri Street". The averaged fluctuating asymmetry values of leaves from habitats "Siretskiy Grove" and "Goloseevskiy Park" are reliably lower than the averaged value of the megalopolis. Therefore, the highest values of the fluctuating asymmetry of *A. platanoides* leaves, which show the least stable developmental processes of plants, are founded on the territories, that have the maximum level of urbanization. These habitats are managed plantation. The others investigated habitats are natural stands. It is detected, that the fluctuating asymmetry value of *A. platanoides* leaves decreases when proportion of its dominance in the stands increases. It should be appreciated when choosing the control group of plants during the monitoring. The control group should be from the natural stand with the maximum dominance of the relevant species.

Key words: bioindication, developmental stability, dynamics of fluctuating asymmetry, *Acer platanoides*.

УДК 574.21

В. С. Гаврикова¹

О. А. Игнатьюк²

д-р педаг. наук, проф.

¹Институт еволюційної екології НАН України, ул. акад. Лебедева, 37,
03143, м. Київ, Україна,

²Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова,
ул. Пирогова, 9, 01601, м. Київ, Україна,
тел.: +38063-372-96-39, e-mail: viktoria100@i.ua

ДИНАМИКА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ ACER PLATANOIDES L. УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Исследовано динамику величины флуктуирующей асимметрии листьев *Acer platanoides* L. восьми местопрорастаний г. Киева в течении трех лет. Показано отсутствие колебаний исследуемых показателей в пределах определенного местопрорастания в течении года и их наличие в разные годы. Установлено, что для получения репрезентативных результатов необходимо проводить исследование в течении нескольких лет подряд. Обнаружено, что деревьям естественных местопрорастаний свойственны достоверно низкие величины асимметрии листьев, чем деревьям искусственных насаждений.

Ключевые слова: биоиндикация, стабильность развития, динамика флуктуирующей асимметрии, *Acer platanoides*.

УДК 574.21

В. С. Гаврикова¹

О. А. Игнатьюк²

д-р педаг. наук, проф.

¹Институт еволюційної екології НАН України, вул. акад. Лебедева, 37,
03143, м. Київ, Україна,

²Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова,
вул. Пирогова, 9, 01601, м. Київ, Україна,
тел.: +38063-372-96-39, e-mail: viktoria100@i.ua

ДИНАМІКА ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ЛИСТКІВ ACER PLATANOIDES L. УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Досліджено динаміку величини флуктуючої асиметрії листків *Acer platanoides* L. восьми місцезростань м. Києва протягом трьох років. Показано відсутність суттєвих коливань досліджуваних показників у межах певного місцезростання протягом року та їх наявність у

різні роки. Встановлено, що для отримання репрезентативних результатів необхідно проводити дослідження протягом декількох років поспіль. Виявлено, що дерева природних місцезростань мають достовірно нижчі величини асиметрії листків, ніж дерева штучних насаджень.

Ключові слова: біоіндикація, стабільність розвитку, динаміка флуктуючої асиметрії, *Acer platanoides*.

ВСТУП

Одним із найбільш простих, доступних та перспективних методів інтегральної оцінки якості навколишнього середовища є біоіндикація. Головна перевага біоіндикаційного підходу полягає в тому, що якість довкілля оцінюється за станом тих об'єктів, які безпосередньо та постійно перебувають у відповідному середовищі. До того ж, такий підхід дозволяє одночасно визначити дію як окремих шкодочинних чи сприятливих факторів, так і умов середовища існування в цілому. Також враховується констеляція факторів, яка спостерігається досить часто і модифікує вплив окремих чинників. Саме тому, біоіндикаційні методи є інтегральними.

Перспективним біоіндикаційним методологічним підходом є група методів оцінки якості довкілля за перебігом процесів стабільності індивідуального розвитку певних видів (біоіндикаторів). Зміст методу виявлення рівня стабільності (нестабільності) індивідуального розвитку особин деякого конкретного виду у певних (порушених, забруднених тощо) умовах середовища полягає у виявленні ступеню неспівпадання білатерально-симетричних морфологічних ознак особини (або її органу, для модулярних організмів). Тобто, досліджується сила прояву асиметрії. Зазвичай виділяють три типи асиметрії (Palmer, 1994) – напрямлену, антисиметрію та флуктуючу асиметрію. З позицій проведення біотестування інтерес представляє лише останній тип.

Термін «флуктуюча асиметрія» (fluctuating asymmetry) був запропонований Ван Валеном у 60-х роках минулого сторіччя (Van Valen, 1962), хоча пов'язаний з ним напрям досліджень стабільності розвитку (developmental stability) почав розвиватися значно раніше (Thoday, 1958, Waddington, 1957), а пізніше був спрямований на вивчення генетичних основ згаданих процесів (Lewontin, 1983, Mather, 1953, Zacharov, 1989, Palmer, 1992).

Стабільність розвитку особини проявляється у її здатності приймати «ідеальний» стан при відповідних (ідеальних) умовах розвитку (Zacharov, 1992). Ідеальний стан рідко зустрічається *a priori*. Однак, в ідеалі, білатеральні структури проявляють абсолютну симетрію, з якою можна порівнювати наявні відхилення (Palmer, 1986). Чим нижча стабільність, тим вища ймовірність того, що особина буде відхилятися від «ідеального» стану. Таким чином, з'являється можливість кількісної оцінки відхилень процесів розвитку від норми, а, отже, і відповідної оцінки якості середовища. Важливо, що за використання показників флуктуючої асиметрії можлива кількісна оцінка як стабільності розвитку окремих особин, так і цілих популяцій.

Вважається, що подібний підхід є чутливим і дозволяє виявляти негативні зміни до прояву виражених порушень будови чи функціонального стану особини (Zacharov, 1987, Palmer, 1986). Можливість використання флуктуючої асиметрії з метою біоіндикації успішно показана як для тваринних, так і для рослинних тест-об'єктів (Zacharov et al., 2000). Більшість видів тварин є білатерально симетричними, тому їх асиметричність визначається на рівні окремої особини та усереднюється для певної популяції. У вищих рослин для досліджень використовують білатерально симетричні органи (переважно листки), тому усереднені результати можливі як на рівні особини, так і на рівні популяції. Біотестування з використанням прояву флуктуючої асиметрії вищих рослин, на нашу думку, є більш перспективним в системі екологічного моніторингу. Переваги очевидні – чітка приуроченість тест-об'єкту до

місцезростання, а, отже, і до території досліджень, практично необмежений об'єм матеріалу, що дозволяє завжди отримувати репрезентативні вибірки, потреба у мінімальному обладнанні та незначні зусилля для збору матеріалу, можливість повторних досліджень однієї особини як протягом одного сезону, так і декількох років поспіль, дотримання принципів біоетики – дослідження без вилучення особин з популяції.

Переважає більшість наукових розробок, присвячених біоіндикації, стосується досліджень особливості біології та екології найбільш чутливих до забруднення видів рослин і тварин. Як наслідок, види-біоіндикатори першими зникають з угруповань та екосистем, що зазнають антропогенного впливу, тобто – стають раритетними. Одним з критеріїв «придатності – непридатності» певного виду для завдань біоіндикації та моніторингу є його поширення та трапляння. В Україні, особливо на урбанізованих територіях, які в першу чергу потребують ретельних біоіндикаційних досліджень, переважає більшість рідкісних та таких, що зникають, видів або дуже нечисельна, або відсутня. Саме тому для урбанізованого середовища пошуки «адекватних біоіндикаторів» мають бути спрямованими на фонові, тобто поширені види. Використання біоіндикації за показниками флуктуючої асиметрії в системі екомоніторингу дозволяє перейти від використання певних чутливих видів, трапляння достатньої кількості яких в антропогенно трансформованому середовищі є проблематичним, до використання в якості індикаторів фонових видів, які є в достатній кількості. До того ж, порівняння ступеню та характеру асиметрії теоретично можливе для будь-якого виду. Таким чином, флуктуючу асиметрію можна вважати своєрідним універсальним «екологічним термометром» на морфофізіологічному рівні, що дає змогу вимірювати оптимальність умов середовища для різних видів за єдиною методологічною схемою.

Явище флуктуючої асиметрії має багато аспектів. Найбільш фундаментально цікавими та важливими з позицій практичного використання, безумовно, є питання динаміки кількісних параметрів, що характеризують прояви асиметрії різноманітних біооб'єктів. Окрім чітко встановленого зростання флуктуючої асиметрії особин при погіршенні умов існування певного виду (Zacharov et al., 2000), є ряд питань, пов'язаних з динамікою асиметрії, вичерпна відповідь на які поки що відсутня. Переважає більшість узагальнень з приводу динаміки флуктуючої асиметрії судинних рослин була зроблена з використанням в якості об'єкту *Betula pendula* Roth. Для цього виду встановлено певні закономірності динаміки флуктуючої асиметрії в часі (багаторічна (Gavrikov, 2006) та сезонна динаміка (Aralbayeva et al., 2009)) та у просторі (географічна мінливість) (Zacharov, 2005).

Метою нашої роботи було вивчення стабільності процесів розвитку та виявлення закономірностей динаміки флуктуючої асиметрії модельного виду *Acer platanoides* L., який часто-густо трапляється в поліссі та лісостепу. Також, на відміну від *B. pendula*, він легко ідентифікується в польових умовах і не гібридує з іншими видами роду *Acer*, а, отже, є більш зручним об'єктом для біоіндикаційних досліджень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В процесі виявлення закономірностей динаміки флуктуючої асиметрії нами протягом трьох років (2011–2013 рр.) досліджувалися одні й ті самі дорослі дерева *A. platanoides* з восьми місцезростань м. Києва. Були охоплені як природні популяції клена гостролистого міських та приміських лісопаркових масивів, так і його штучні насадження на вулицях міста. Коротка характеристика географічного положення та екологічних умов досліджених місцезростань наведена у табл. 1.

Також з метою перевірки закономірностей динаміки показника флуктуючої асиметрії протягом сезону було проведено серію досліджень в урочищі Феофанія.

Таблиця 1

Характеристика місцезростань дерев *A. platanoïdes* на території м. Києва

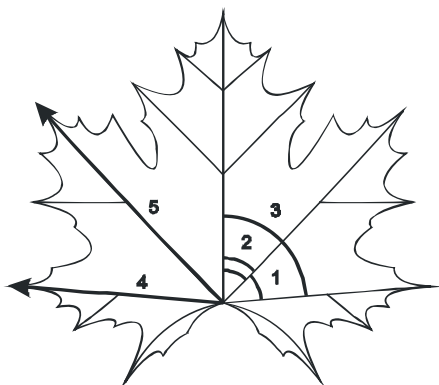
№	Місцезростання	Умове позначення	Координати	Коротка характеристика		
				Рослинність	Тип ґрунту	Антропогенне навантаження
1	урочище Феофанія	УФ	50°20'30" пн. ш. 30°29'40" сх. д.	Грабово-дубові угруповання	Сірі супіщані та легкосуглинкові ґрунти	Інтенсивне рекреаційне навантаження, відсутність автотранспорту
2	проспект Возз'єднання	ВП	50°43'98" пн. ш. 30°61'73" сх. д.	Штучні насадження вздовж дороги	Урбанозем	Висока транспортна завантаженість дороги
3	вулиця Івана Кудрі	КВ	50°41'66" пн. ш. 30°53'71" в. д.	Штучні насадження вздовж дороги	Урбанозем	Помірна транспортна завантаженість дороги
4	Голосіївський парк ім. М. Т. Рильського	ГП	50°23'25" пн. ш. 30°30'26" сх. д.	Кленово-грабові угруповання	Сірі супіщані та легкосуглинкові ґрунти	Інтенсивне рекреаційне навантаження
5	урочище Лиса Гора	ЛГ	50°23'42" пн. ш. 30°32'50" сх. д.	Грабово-дубові угруповання	Сірі супіщані та легкосуглинкові ґрунти	Інтенсивне рекреаційне навантаження
6	парк Пуша Водиця	ПВ	50°32'24" пн. ш. 30°20'33" сх. д.	Сосново-дубові угруповання	Піщані та супіщані ґрунти	Помірне рекреаційне навантаження
7	парк Сирецький Гай	СГ	50°47'73" пн. ш. 30°42'73" сх. д.	Кленово-грабові угруповання	Сірі супіщані та легкосуглинкові ґрунти	Низьке рекреаційне навантаження
8	Деснянський парк	ДП	50°30'26" пн. ш. 30°35'50" сх. д.	Штучні насадження	Урбанозем	Інтенсивне рекреаційне навантаження, помірна транспортна завантаженість дороги

У травні (безпосередньо після формування листків), червні та липні 2013 р. тричі було взято проби з 9 одних і тих самих дерев.

В кожному місцезростанні досліджували по 10 дерев. З нижньої частини крони кожного дерева з використанням телескопічного секатору зрізали по 30 листків. Для морфометрії використовували лише непошкоджені та малопошкоджені листки. Враховуючи тривалість безпосередніх морфометричних вимірювань, з одного боку, та здатність листків до певних змін розмірів під час зберігання, з іншого, нами, з метою підвищення точності досліджень, було прийнято рішення визначати морфометричні параметри на цифровому зображенні нижнього боку листка. Свіжозрізані листки одразу ж дигіталізували з використанням сканера HP Scanjet 200. Визначення морфометричних параметрів проводили з використанням програмного пакету CorelDRAW 12.

Для виявлення величини флуктуючої асиметрії для кожного листка визначали по 5 параметрів як з лівого, так і з правого боку (відносно центральної жилки). Схема листка *A. platanoides* та відповідні параметри, що визначалися нами для виявлення величини флуктуючої асиметрії, показано на рис. 1.

Величину флуктуючої асиметрії кожного параметра визначали як відношення подвоєного модуля різниці промірів з лівого та правого боку листкової пластинки до їх суми (Palmer, 1994). Для кожного листка, дерева та місцезростання окремо знаходили середнє арифметичне та визначали межі довірчого інтервалу ($p=0,05$). Відсутність або наявність напруженої асиметрії для кожного параметра в межах дерева оцінювали за середньою величиною різниці значень з обох боків листкової пластинки. Достовірність відмінностей дисперсій флуктуючої асиметрії оцінювали за величиною F-критерію Фішера ($p=0,05$), а середніх значень – за величиною t_{st} -критерію Стюдента ($p=0,05$). Математичну та статистичну обробку емпіричних даних виконували у програмних пакетах Microsoft Office Excel 2003 та StatSoft Statistica 6.0.



1. Кут між проксимальною та дистальною бічними жилками першого порядку;
2. Кут між центральною та проксимальною бічною жилкою першого порядку;
3. Кут між центральною та дистальною бічною жилкою першого порядку;
4. Довжина дистальної бічної жилки першого порядку;
5. Довжина проксимальної бічної жилки першого порядку.

Рис. 1. Листок *A. platanoides* та параметри, що визначалися для виявлення величини флуктуючої асиметрії

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Обговорюючи проблеми вивчення динаміки флуктуючої асиметрії слід чітко виокремити певні типи динаміки, виявити відповідні закономірності динаміки та встановити їх можливі причини, визначити найбільш важливі з позицій проведення біоіндикаційних моніторингових досліджень наслідки.

Виявлення динаміки величини флуктуючої асиметрії протягом сезону позбавлене, на перший погляд, сенсу, оскільки процеси формування переважної більшості листків відбуваються швидко і завершуються ще на початку вегетації. Однак, декілька років тому в науковій літературі з'явилося повідомлення російських

дослідників (Aralbayeva et al., 2009) про існування певних коливань величини флуктуючої асиметрії листків *B. pendula* протягом сезону та наявності достовірних відмінностей між ними в червні – серпні в межах одного місцезростання. Незважаючи на те, що подібні результати погано узгоджуються з сучасними уявленнями про механізми порушення стабільності розвитку, нами було прийнято рішення щодо їх емпіричної перевірки.

Проведені нами дослідження сезонної динаміки величини флуктуючої асиметрії листків клену гостролистого виявили наявність незначних коливань значень цього показника протягом сезону, як в межах кожного окремого дерева, так і між 9 дослідженими деревами в межах одного місцезростання. Отримані результати наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Сезонна динаміка величини флуктуючої асиметрії (%) 9 дерев *A. platanoides* у ППСМ Феопанія

Номер дерева	Величина та варіабельність флуктуючої асиметрії							
	травень		червень		липень		середнє за 3 місяці	
	<i>M</i> ± <i>m</i>	CV	<i>M</i> ± <i>m</i>	CV	<i>M</i> ± <i>m</i>	CV	<i>M</i> ± <i>m</i>	CV
1	5,42±0,79	0,41	4,50±0,62	0,38	4,84±0,67	0,38	4,92±0,53	0,39
2	5,36±0,68	0,36	5,12±0,78	0,43	5,85±0,97	0,45	5,44±0,42	0,41
3	8,23±1,49	0,50	7,24±1,18	0,45	7,29±0,96	0,35	7,59±0,63	0,43
4	7,66±1,04	0,38	6,06±1,01	0,47	6,27±1,24	0,55	6,67±0,99	0,47
5	7,27±1,29	0,48	7,63±1,19	0,44	7,47±1,4	0,52	7,46±0,20	0,48
6	7,98±1,17	0,40	7,49±1,41	0,53	7,00±1,01	0,40	7,49±0,56	0,44
7	7,67±1,26	0,46	6,99±1,14	0,46	7,06±1,06	0,41	7,24±0,42	0,44
8	7,64±1,51	0,54	9,42±1,34	0,38	6,72±1,13	0,47	7,92±1,55	0,47
9	5,32±0,61	0,31	6,17±0,86	0,39	7,01±0,93	0,36	6,17±0,96	0,35
середнє по парку	6,95±0,75	0,43	6,73±0,91	0,43	6,61±0,52	0,43	6,77±0,19	0,43

Достовірність відмінностей значень величини флуктуючої асиметрії в травні – липні, як в межах кожного дерева, так і між деревами була оцінена нами з використанням критерію Стюдента ($p=0,05$). Усі відмінності виявилися не достовірними. Для окремих дерев спостерігаються незначні коливання величини асиметрії протягом сезону в обидва боки. Середня величина асиметрії, навпаки, демонструє чітку, хоча і недостовірну, тенденцію до зменшення. При цьому середньомісячна концентрація забруднюючих речовин атмосферного повітря м. Києва у 2013 р., за даними центральної геофізичної обсерваторії (Schomisyachniy byuletен zabrudnennya atmosfernogo povitrya, 2013), протягом сезону, навпаки, підвищується.

Помічена нами тенденція до зниження величини асиметрії протягом вегетативного сезону гіпотетично може бути пояснена дією природнього добору. Припущення про те, що більш асиметричні листки є менш пристосованими, сприймається цілком логічно. Тоді ймовірність втрати рослиною подібного листка або його пошкодження фітофільними комахами підвищується. Таким чином, якщо протягом сезону найбільш асиметричні листки втрачаються, то частка сильно асиметричних листків має поступово зменшуватися. Чим довше відбувається подібний процес, тим меншою, відповідно, стає середня величина флуктуючої асиметрії. Висловлена гіпотеза має право на існування, однак вона погано узгоджується з даними щодо варіабельності величини флуктуючої асиметрії. В розглянутому нами гіпотетичному випадку дія добору має бути стабілізуючою. Стабілізуючий добір завжди зменшує варіабельність. А за результатами наших конкретних досліджень варіабельність асиметрії практично не змінюється. Отже, гіпотезу про дію добору в бік зменшення асиметрії слід відкинути.

Підводячи підсумок, слід зазначити, що отримані нами результати емпірично підтвердили відсутність достовірних змін флуктуючої асиметрії листків клену з одного і того ж місцезростання протягом сезону. Протилежні результати, отримані нашими північно-східними колегами (Aralbayeva et al., 2009), найбільш вірогідно пов'язані з певними методичними прорахунками – недостатній об'єм вибірки, неточності при морфометрії тощо. При проведенні моніторингових досліджень з використанням в якості індикатора величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* терміни пробовідбору протягом вегетативного сезону на результати не впливають.

Наступним важливим моментом наших досліджень було виявлення основних закономірностей динаміки величини флуктуючої асиметрії листків клену гостролистого в межах одного місцезростання протягом декількох років. За результатами досліджень кожного року достовірних відмінностей величини флуктуючої асиметрії як в межах окремого дерева, так і в межах певного місцезростання нами виявлено не було. Дисперсія напрямленої асиметрії в усіх випадках не перевищувала 5 %, тому при подальших розрахунках, відповідно до методичних вказівок (Zakharov et al., 2000), вона не враховувалась.

Отримані впродовж трьох років величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* різних місцезростань проявили певну динаміку (рис. 2). Значення величини флуктуючої асиметрії листків дерев *A. platanoides* протягом усіх трьох років коливалися у досить вузькому проміжку – 6–8 %, а тенденція зміни значень величини виявилася відмінною для різних місцезростань.

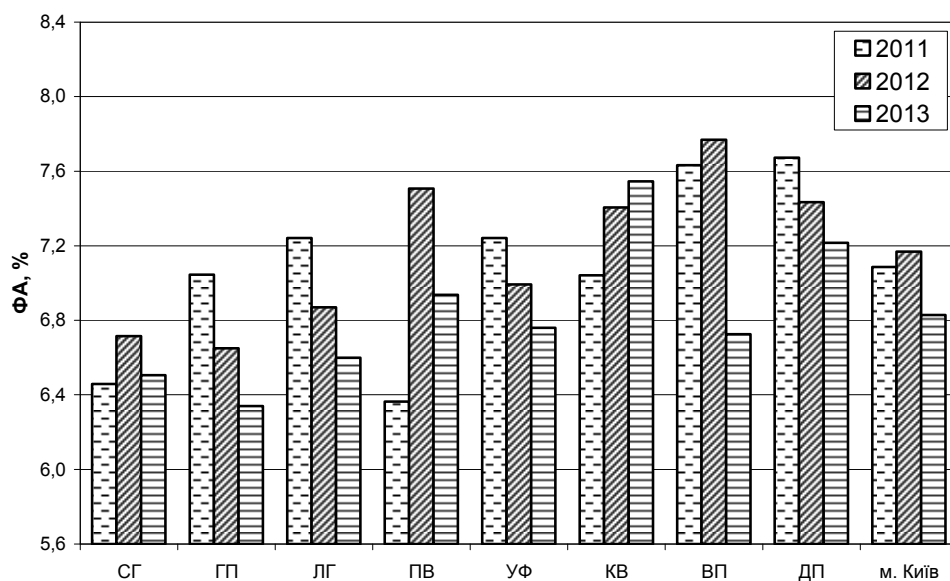


Рис. 2. Значення показника флуктуючої асиметрії листків дерев *A. platanoides* досліджених місцезростань м. Києва у 2011–2013 рр. (умовні позначення місцезростань відповідають табл. 1)

Для чотирьох з восьми місцезростань (урочище Феофанія, урочище Лиса гора, Голосіївський парк, Деснянський парк) величина флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* поступово знижується за період досліджень, для трьох місцезростань найвищі значення було зафіксовано у 2012 р., і лише одне місцезростання (вул. Івана Кудрі) виявило чітку тенденцію до зростання асиметрії за період. У семи місцезростаннях з восьми величина флуктуючої асиметрії у 2013 р. виявилася

нижчою, ніж у 2012 р. Усереднені по всьому місту величини флуктуючої асиметрії також свідчать про незначне зниження величини асиметрії у 2013 р. в порівнянні з попередніми роками.

Відмінності між величинами флуктуючої асиметрії листків клену гостролистого в межах одних і тих самих місцезростань у переважній більшості випадків виявилися недостовірними. Достовірно (за t_{st} -критерієм Стюдента, при $p=0,05$) відрізняються значення величини флуктуючої асиметрії в Пущі Водиці (2011–2012 рр.) та на пр. Возз'єднання (2011–2013 рр. та 2012–2013 рр.).

У сезоні 2011 р. найвищі значення флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* на рівні 7,6–7,7 % зафіксовані нами у місцезростаннях на лівому березі Дніпра – пр. Возз'єднання та Деснянський парк. Найнижчі значення флуктуючої асиметрії – 6,4–6,5 % мали дерева з місцезростань Пуща Водиця та Сирецький гай (північно-західна частина правобережжя). Відмінності між величинами асиметрії рослин згаданих місцезростань, що, відповідно, мають максимальні та мінімальні значення, є достовірними (за t_{st} -критерієм Стюдента, при $p=0,05$). Також достовірно вища флуктуюча асиметрія листків *A. platanoides* пр. Возз'єднання у порівнянні з деревами місцезростань вул. І. Кудрі та урочища Лиса гора, а дерев з урочища Феофанія - по відношенню до дерев з Пущі Водиці та Сирецького гаю.

У 2012 р. динаміка флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* з різних місцезростань м. Києва суттєво не змінилася – для половини місцезростань виявлено збільшення, а для половини зменшення досліджуваних показників. Найвищі значення флуктуючої асиметрії на рівні 7,4–7,8 % були зафіксовані, так само як і у попередньому році, на пр. Возз'єднання та у Деснянському парку, а також на вул. І. Кудрі та у Пущі Водиці. Всі ці значення достовірно вищі за величини флуктуючої асиметрії дерев Сирецького гаю та Голосіївського парку, що, відповідно, виявив найнижчий рівень флуктуючої асиметрії 6,7 %. Флуктуюча асиметрія решти місцезростань між собою достовірно не відрізнялася.

За результатами досліджень 2013 р. нами було виявлено зниження рівня флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* усіх місцезростань, окрім вул. І. Кудрі. До того ж дерева цього місцезростання мали найвищий рівень досліджуваного показника – 7,5 %. Трохи нижчі значення флуктуючої асиметрії були виявлені в Деснянському парку. Показники величини флуктуючої асиметрії кленів цих двох місцезростань достовірно відрізняються від показників дерев з місцезростань Лиса гора (6,6 %), Сирецький гай (6,5 %), Голосіївський парк (6,3 %).

Виявлені відмінності величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* досліджених місцезростань у різні роки демонструють певну динаміку, яку важко охарактеризувати загалом. Основних факторів, які, на нашу думку, зумовлюють згадану динаміку, є три. По-перше, це мікрокліматичні особливості певних місцезростань, з яких головними є температура та вологість ґрунту. Врахувати їх, не маючи відповідних стаціонарних пунктів, практично неможливо. По-друге, дерева міських місцезростань (пр. Возз'єднання, Деснянський парк та вул. І. Кудрі), на відміну від рослин парків, знаходяться поряд з автодорогами з різною і часто високою інтенсивністю руху транспорту, викиди якого локально збільшують забруднення атмосферного повітря. Згадане забруднення досить динамічне, погано передбачуване та також таке, що важко врахувати. Величини флуктуючої асиметрії дерев місцезростань Голосіївський парк, Сирецький гай, урочищ Феофанія та Лиса гора мають значення, що протягом трьох сезонів коливалися менш суттєво. Для даних місцезростань характерне рекреаційне навантаження різного рівня та відсутність інтенсивного автотрафіку. Третім важливим моментом динаміки, що спостерігається, є статистична невизначеність, яка пов'язана зі стохастичною природою явища флуктуючої асиметрії.

З вищевикладеного можна дійти висновку щодо необхідності певного узагальнення результатів, отриманих протягом трьох років. Найпростішим

узагальненням, на нашу думку, є підрахунок середнього за три роки значення величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* по кожному з досліджених місцезростань та порівняння відповідних результатів. Усереднені за три роки значення величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* досліджених місцезростань представлені на рис. 3.

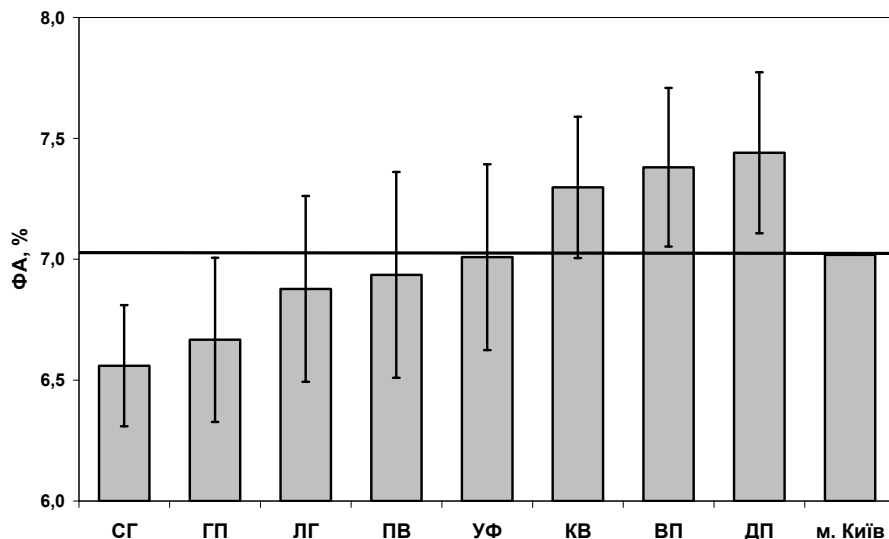


Рис. 3. Величини усереднених за три роки значень величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* досліджених місцезростань (умовні позначення відповідають табл. 1)

Аналізуючи діаграму, представлену на рис. 3, слід зазначити, що на відміну від діаграми рис. 2, узагальнююча картина щодо процесів стабільності розвитку листків *A. platanoides*, що ростуть на території м. Києва, стає більш чіткою. Усереднені значення величини флуктуючої асиметрії дерев місцезростань Деснянський парк та пр. Возз'єднання достовірно перевищують середні значення по місту, близьку величину має також показник рослин з вул. І. Кудрі. Усереднені значення величини асиметрії рослин місцезростань Сирецький Гай та Голосіївський парк, навпаки, виявилися достовірно нижчими за середню для міста величину. Близькі значення до середньої величини виявили клени з Пущі Водиці, урочищ Феофанія та Лиса гора.

Таким чином, після процедури усереднення розподіл отриманих нами значень величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* став цілком логічним. Найвищі значення асиметрії листків клена, що відповідають найменш стабільним процесам розвитку рослин, виявилися на територіях, що мають максимальний рівень урбанізації. Важливо також, що всі ці місцезростання є штучними насадженнями. Решта досліджених місцезростань, навпроти, є похідними природних деревостанів. Для них також спостерігається цікава тенденція. Деревостани Сирецького гаю та Голосіївського парку, на відміну від деревостанів урочищ Лиса гора та Феофанія, мають домінуючим видом саме *A. platanoides*. Іншими словами, у місцях, де вид домінує, умови його розвитку мають бути найбільш сприятливими, тобто такими, що дають йому можливість домінувати. Отримані нами результати демонструють також і найвищу стабільність процесів розвитку листків клену за таких умов. Це дозволяє висловити гіпотезу, що ценотичне процвітання певного виду та стабільність індивідуального розвитку його особин є пов'язаними процесами. Висунута гіпотеза, безумовно, потребує перевірки та подальших ретельних досліджень. Однак, ми вважаємо, що при проведенні моніторингових досліджень контрольну групу рослин слід завжди обирати з урахуванням максимального домінування виду індикатора.

ВИСНОВКИ

Підводячи підсумок проведених досліджень щодо динаміки флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* різних місцезростань м. Києва, слід зазначити наступне:

1. Динаміка величини флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* в межах окремого дерева незначна, достатній розмір виборки – 30 листків.
2. Величина флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* в межах окремого місцезростання протягом сезону суттєво не змінюється, пробовідбір можна проводити як на початку, так і наприкінці вегетативного сезону.
3. Величина флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* в межах окремого місцезростання протягом трьох років змінюється непередбачувано, тому для достовірних результатів моніторинг слід проводити протягом декількох років поспіль.
4. Величини флуктуючої асиметрії дерев природних місцезростань достовірно нижчі, ніж дерев штучних насаджень, при проведенні моніторингових досліджень контрольну групу рослин слід обирати в природних деревостанах з урахуванням максимального домінування відповідного виду індикатора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Aralbayeva, L. S., Urazgildin, R. V., Kulagin, A. Yu., 2009.** Otsenka otnositelnogo zhiznennogo sostoyaniya i stabilnosti razvitiya berezyi povisloy (*Betula pendula* Roth.) goroda Salavat [Assessment of relative living conditions and stability of the drooping birch (*Betula pendula* Roth.) development in the city of Salavat]. Vestnik OSU. 6, 39–42 (in Russian).
- Gavrikov, D. E., Baranov, S. G., 2006.** Metodika otsenki stabilnosti razvitiya na primere berezyi (*Betula pendula*) [The technique of an estimation of developmental stability on the example of the birch (*Betula pendula*)]. Bulletin ESSC SB RAMS. 2, 13–17 (in Russian).
- Lewontin, R. C., 1983.** Gene, organisms and environment. Bendall DS (ed) Evolution from molecules to men. Cambridge Univ. Press, New York, NY. 273–285.
- Mather, K., 1953.** Genetical control of stability in development. Heredity. 7, 297–336.
- Palmer, A. R., 1994.** Fluctuating asymmetry analyses: A primer. Developmental instability: its origins and evolutionary implications. 335–364.
- Palmer, A. R., Strobeck, C., 1986.** Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. Ann. Rev. Ecol. Syst. 17, 391–421.
- Palmer, A. R., Strobeck, C., 1992.** Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implications of non-normal distributions and power of statistical tests. Acta Zool. Fenn. 191, 57–72.
- Schomisyachniy byuleten zabrudnennya atmosfernogo povitrya [Monthly bulletin of atmospheric air pollution], 2013. Kyiv (in Ukrainian).
- Thoday, J. M., 1958.** Homeostasis in a selection experiment. Heredity. 12, 401–415.
- Van Valen, L., 1962.** A study of fluctuating asymmetry. Evolution. 16, 125–141.
- Waddington, C. H., 1957.** The strategy of gene. London: Allen and Unwin.
- Zakharov, V. M., 1987.** Asimetriya zhivotnykh [Asymmetry of animals]. Moscow, Nauka (in Russian).
- Zakharov, V. M., 1989.** Future Prospects for Population Phenogenetics. Sov. Sci. Rev. F. Physiol. Gen. Biol. 4, 1–79.
- Zakharov, V. M., Baranov, A. S., Borisov, V. I., Valetskiy, A. V., Kryazheva, N. G., Chistyakova, E. K., Chubinishvili, A. T., 2000.** Zdorove sredy: metodika otsenki [The health of the environment: methods of assessment]. Moscow. Center for Russian Environmental Policy (in Russian).
- Zakharov, V. M., Graham, J. H., 1992.** Developmental stability in natural populations. Acta Zoologica Fennica. 191, 85–101.
- Zakharov, V. M., Shkil, F. N., Kryazheva, N. G., 2005.** Otsenka stabilnosti razvitiya berezyi v raznykh chastyakh areala [Assessment of developmental stability of birch in different parts of the area]. Vestnik of UNN “Biology”. 1, 77–84 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 24.06.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. І. О. Зайцева

FOREST BIOGEOCENOLOGY



M. P. Olijnyk 

V. I. Parpan

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 581.93

*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
Shevchenko str., 57, 76018, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

THE DYNAMICS OF SYSTEMATIC STRUCTURE FLORAL COMPLEXES ON THE OLD FIELDS DURING SECONDARY SUCCESSION

Abstract. The national plan of actions concerning the natural environmental protection in Ukraine in 2011–2015 presupposes the average reduce of the arable lands by 5–10 % with the help of withdrawal from the intense farming, preserving of the degradation and inefficient agriculture lands, with a purpose of the natural carcass elements extension (forests, meadows, pastures) and the rationalization of the agro-landscapes structure. It is known that the fitocenoses play a deciding role in the system of environmental preservation actions, its upgrade and improvement.

According to the data of the Department of State Land Cadastre of State Land Agency of Ukraine of 01.01.2013 277.2 thousands hectares of land were excluded from the category of arable land and transferred to the old field land class consisting 0,5 % of the general area of Ukraine that is transforming under the influence of natural and anthropogenic processes. These changes in the structure and dynamics of the main landscape parameters and the danger of losing a significant part of biodiversity determine the relevance of the investigating systematic structure of the old-field species-composition at different stages of secondary succession.

The research was made in 2010–2013 with the help of route and stationary methods on the calculation ground: 2×2 m for the grassy vegetation, 10×10 m for the tree and bush vegetation. The plots were chosen on different stages of the secondary succession, which most fully reflect the representatives of the flora complexes and enclose the whole spectrum of the main abiotic factors of its forming: I – old-fields, which were not processed for 1–3 years, II – old-fields, which were not processed for 4–7 years, III – old-fields, which were not processed for 8–13 years, IV – old-fields, which were not processed for 14–22 years.

Taxonomic composition is given according to the field studies and basing on the collected herbarium material.

Systematic spectrum (leading, middle and final) was defined using an average index of saturation (H) of higher rank taxa with lower rank taxa. To the middle part there belonged the amount of lower rank taxa equal to the average index of saturation of higher rank taxa ± 50 % of its value: $H \pm 0.5 \times H$.

To compare the degree of species composition similarity there was used the Jaccard similarity coefficient (K_j). The similarity degree of floral complexes according to the systematic structure was defined using modified Bravais-Pearson coefficient of correlation (r).

Taxonomic composition of the old-field land floral complexes of Prydnistrovske Podillia showed that it numbered 413 species belonging to 238 genera and 64 families. The old field floral complexes of the studied territory are characterized by the dominance by the amount of species and

 Tel.: +38098-447-63-54. E-mail: marian0506@yandex.ru

DOI: 10.15421/031419

ISSN 1726-1112. Ecology and noospherology. 2014. Vol. 25, no. 3–4

45

genera of few families, the taxonomic spectrum of which comprises 264 species (63,9 %) and 150 genera (62,9 %). In the genera spectrum of floral complexes prevails monotype fraction – 204 genera (85,7 %) uniting 253 species (61,3 %).

The role of absolute indices of the floristic abundance (amount of species, kinships and families) have a natural tendency to extension, which is a result of the change in soil and climatic as well as the cenotic conditions in the process of demutation of the flora cover in the old-fields.

The analysis of the floral wealth, systematic diversity and taxonomic composition indicate the dynamic process of flora-genesis at the old field lands and the largest similarity of floras of the 3rd and the 4th degrees of secondary succession as a result of stabilization of ecological conditions. The least similar are the floral complexes of the 1st and the 4th degrees of syngeneses.

Besides the general systematic structure of the flora complexes of the old-fields, the determination of the species abundance of the biotopic old-plough lands still remains urgent. Based on the principles of the heterogeneity and change of the vegetation depending on the dynamics indices of the environment, dimensionally (discretely), as well as timely (successively) on the territory of the research, we found out and described the species abundance of 10 biotypes. The analysis of biotopes species composition similarity shows that most of them are characterized by low degree similarity.

Our further researches will be connected with the peculiarities of the ecological succession at old field lands. The ecological analysis of floral complexes was based on the study of O. L. Belgard about ecomorphs.

Keywords: *secondary succession, taxonomic structure, leading families, species, fallows, biotop.*

УДК 581.93

М. П. Олійник

В. І. Парпан

д-р биол. наук, проф.

*Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника,
ул. Шевченка, 57, 76018, г. Івано-Франківськ, Україна,
тел.: +38098-447-63-54, e-mail: marian0506@yandex.ru*

ДИНАМИКА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ФЛОРОКОМПЛЕКСОВ НА ЗАЛЕЖАХ В ТЕЧЕНИЕ ВТОРИЧНОЙ СУКЦЕССИИ

Исследована динамика показателей систематической структуры флорокомплексов залежей Приднестровского Подолья в течение вторичной сукцессии. Установлено наибольшее сходство флорокомплексов III и IV стадий демутации растительного покрова, что обусловлено сходством набора экологических ниш. Наименее подобными являются флорокомплексы I и IV стадий сингенеза. Анализ сходства видового состава биотопов свидетельствует, что большинство характеризуются низким уровнем сходства.

Ключевые слова: *вторичная сукцессия, систематическая структура, ведущие симейства, виды, залежи, биотоп.*

УДК 581.93

М. П. Олійник

В. І. Парпан

д-р біол. наук, проф.

*Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника,
вул. Шевченка, 57, 76018, м. Івано-Франківськ, Україна,
тел.: +38098-447-63-54, e-mail: marian0506@yandex.ru*

ДИНАМІКА СИСТЕМАТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ФЛОРОКОМПЛЕКСІВ НА ПЕРЕЛОГАХ ПРОТЯГОМ ВТОРИННОЇ СУКЦЕСІЇ

Досліджено динаміку показників систематичної структури флорокомплексів перелогів Придністровського Поділля протягом вторинної сукцесії. Встановлено найбільшу схожість флорокомплексів III і IV стадій демутації рослинного покриву, що зумовлено подібністю набору екологічних ніш. Найменш подібними є флорокомплекси I і IV стадій сингенезу. Аналіз подібності видового складу біотопів свідчить, що більшість характеризується низьким рівнем подібності.

Ключові слова: *вторинна сукцесія, систематична структура, провідні родини, види, перелogi, біотоп.*

ВСТУП

Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища України на період 2011–2015 років передбачає зменшення до 2020 року в середньому на 5–10 % площ орних земель шляхом виведення з інтенсивного обробітку, консервації деградованих і малопродуктивних сільськогосподарських угідь, з метою розширення елементів природного каркасу (лісів, луків, пасовищ тощо) та раціоналізації структури агроландшафтів. Відомо, що фітоценози природних та антропогенно-порушених комплексів відіграють вирішальну роль у системі заходів збереження навколишнього середовища, його поліпшення та оздоровлення (Yakubenko, 2007; Parpan and Olijnyk, 2013).

За даними департаменту державного земельного кадастру Держземагентства України станом на 01.01.2013 року виведено з ріллі та переведено у розряд перелогів 277,2 тис. га, що складає 0,5 % від загальної площі території України. Ця територія трансформується під впливом природних і антропогенних процесів: заростанням лісовою рослинністю, задернінням, залуженням, заболочуванням, синантропізацією (Parpan and Olijnyk, 2013).

Саме ці суттєві зміни в структурі та динаміці основних біогеоценотичних параметрів, а також небезпека втрати значної частини біорізноманіття визначають актуальність завдання вивчення систематичної структури флоронаселення перелогів на різних етапах вторинної сукцесії, що є метою цієї роботи.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження були перелоги Придністровського Поділля в Івано-Франківській обл., а саме Рогатинський, Галицький, Тисменицький райони (Herenchuk, 1973).

Предметом дослідження є флорокомплекси перелогів. Дослідження проводилися у 2010–2013 роках маршрутним і стаціонарним методами на облікових майданчиках: для трав'яної рослинності 2×2 м, деревно-чагарникової – 10×10 м. Ділянки вибирали на різних етапах вторинної сукцесії, які найповніше відображають репрезентативність флорокомплексів та охоплюють увесь спектр основних абіотичних факторів їх формування: I – перелоги, які не обробляли протягом 1–3 років, II – перелоги, які не обробляли протягом 4–7 років, III – перелоги, які не обробляли протягом 8–13 років, IV – перелоги, які не обробляли протягом 14–22 років.

Таксономічний склад флорокомплексів перелогів подано за польовими дослідженнями та на основі зібраного гербарного матеріалу, який уточнювався за визначником «Определитель высших растений Украины» (1987). Латинські назви таксонів наведені за S. L. Mosyakin, M. M. Fedoronchuk (1999). Типи біотопів наведені за класифікацією біотопів для лісової та лісостепової зон України (Didukh, 2011).

Систематичний спектр (провідний, середній та заключний) виділено, використовуючи середній показник насиченості (H) таксонів вищого порядку таксонами нижчого порядку. До середньої частини належить така кількість таксонів нижчого порядку, яка дорівнює середньому показнику насиченості таксонів вищого порядку $\pm 50\%$ його величини: $H \pm 0,5 \times H$ (Tkachuk, 2000).

Для порівняння ступеня подібності видового складу використано коефіцієнт Жаккара (Kj) (Shmidt, 1984). Ступінь подібності флорокомплексів за систематичною структурою визначено з використанням модифікованого коефіцієнту кореляції Браве – Пірсона (r) (Shmidt, 2005). Систематична обробка вихідних даних здійснювалася із використанням пакетів прикладних програм MS Excel 2007, Statistika 7.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідженнями встановлено, що загальний флористичний список вищих судинних рослин перелогових флорокомплексів Придністровського Поділля

нараховує 413 видів, що належать до 238 родів, 64 родин та 4 відділів: *Equisetophyta*, *Polypodiophyta* і *Pinophyta* представлені двома-трьома видами, а переважаючим є відділ *Magnoliophyta*, який поділяється на два класи (табл. 1).

Таблиця 1

Систематичний склад флорокомплексів перелогів Придністровського Поділля				
Відділ, клас	Кількість			Пропорції флори (родини:роди:види)
	Родин	Родів	Видів	
Equisetophyta	1	1	3	1:1:3
Polypodiophyta	2	2	2	1:1:1
Pinophyta	1	2	2	1:2:2
Magnoliophyta	60	233	406	1:3,9:6,8
Magnoliopsida	50	195	338	1:3,9:6,7
Liliopsida	10	38	68	1:3,8:6,8
Разом:	64	238	413	1:3,7:6,5

У кількісному співвідношенні таксонів переважає клас *Magnoliopsida*, налічує 338 видів (81,4 % від загальної кількості видів), 195 родів (81,9 % від загальної кількості родів), 50 родин (78,1 % від загальної кількості родин). Клас *Liliopsida* нараховує 68 видів (16,5 %), 38 родів (16,0 %) та 10 родин (15,6 %).

Більшість видів та родів флорокомплексів перелогів об'єднують 10 провідних родин. Перше місце у цьому спектрі займає родина *Asteraceae*, яка налічує 62 види (15,0 %), 37 родів (15,5 %). Ця родина є типовою і для інших регіональних флор Голарктики (Malyshev, 1972). У складі її є багато адвентивних видів і це зумовлено їх екологічною пластичністю і різноманітною адаптивністю до перенесення насіння (Tsvelev, 1976). Друге місце займає родина *Poaceae* – 39 видів (9,4 %) та 27 родів (11,3 %). Злаки, завдяки еколого-біологічним особливостям – вегетативна рухливість, особливості кореневої системи – дернина, формують вегетативне середовище проживання, є стійкими і витривалими до абіотичних і біотичних факторів. Вони зайняли ключові позиції в багатьох флорах. Ці види – добрий показник відновлення лучної рослинності (Tsvelev, 1976). Першу трійку провідних родин завершує *Fabaceae* – 35 видів (8,5 %), 14 родів (5,9 %). Четверте місце займає родина *Rosaceae* – 32 види (7,7 %), 17 родів (7,1 %), що зумовлено поліморфізмом двох родів: *Rosa* (5 видів) та *Potentilla* (8 видів). На п'ятому місці родина *Lamiaceae* – 20 видів (4,8 %), 13 родів (5,5 %). Високий ранг родин *Lamiaceae* та *Fabaceae* вказує на зв'язки досліджуваної флори з давнім Середземномор'ям (Tolmachev, 1962; Kucherevskiy, 2004). Шосте – восьме місця займають родини: *Brassicaceae* – 16 видів (3,9 %), 14 родів (5,9 %); *Apiaceae* – 16 видів (3,9 %), 12 родів (5,0 %); *Cyperaceae* – 16 видів (3,9 %), 3 роди (1,3 %). Дев'яте-десяте місця у списку провідних родин флорокомплексів перелогів займають *Scrophulariaceae* 14 видів (3,4 %), 7 родів (2,9 %) та *Ranunculaceae* – 14 видів (3,4 %), 6 родів (2,5 %).

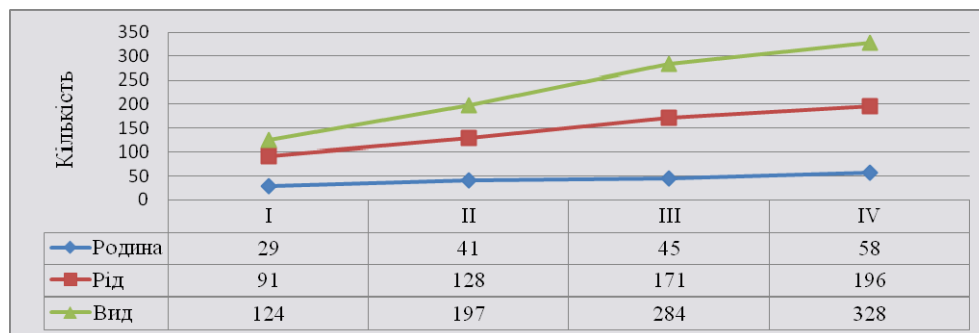
У цілому, провідні родини флорокомплексів зберігають риси родинного спектру природної флори Голарктики (Tolmachev, 1962).

У таксономічній структурі провідні родини флорокомплексів перелогів охоплюють 264 видів (63,9 %) і 150 родів (62,9 %). Середня частина родинного спектру, сформована 14-ма родинами, до яких належить по 4–12 видів, охоплює 92 види (22,3 %) і 44 роди (18,5 %). У заключній частині нараховані 40 родин (62,5 %), які об'єднують 57 видів (13,8 %) і 44 роди (18,5 %). До складу кожної з цих родин входить 3 і менше видів, у тому числі монотипними є 26 родин (40,6 %).

Провідна частина родового спектру представлена 10 родами (4,2 %), які об'єднують 75 видів (18,2 %). Вона утворена найбагатшими родами, кожен з яких складається із 6 і більше видів. Найчисельніші з них: *Carex* L. – 14 видів; *Trifolium* L. –

10 видів; *Poa* L., *Vicia* L., *Galium* L. – нараховують по 7 видів; *Campanula* L., *Geranium* L., *Potentilla* L., *Salix* L., *Veronica* L. – представлені 6 видами кожен. Середню частину спектру формують роди, до складу яких входить 3–5 видів, загалом 24 роди (10,1 %), які об'єднують 85 видів (20,6 %). Найчисельнішу групу в родовому спектрі займає монотипна фракція – 204 роди (85,7 %), які об'єднують 253 види (61,3 %) флорокомплексів.

У процесі дослідження сингенезу рослинного покриву перелогів Придністровського Поділля виділено чотири стадії сукцесії: бур'янова, злаково-різнотравна, різнотравна, деревно-різнотравна, які характеризуються різною кількістю таксонів (рисунк).



Співвідношення таксономічних одиниць різного систематичного рангу на сукцесійному тренді

Примітка. I – бур'янова стадія, II – злаково-різнотравна, III – різнотравна, IV – деревно-різнотравна.

Значення абсолютних показників флористичного багатства (кількість видів, родів, родин) мають природну тенденцію до збільшення, що є наслідком змін ґрунтово-кліматичних і ценотичних умов у процесі демуатації рослинного покриву на перелогах.

Порівняння флорокомплексів перелогів різних стадій вторинної сукцесії досліджуваної території за допомогою коефіцієнту подібності видового складу Жаккара показало, що мінімальне значення цього коефіцієнту ($K_j = 0,23$) характерне для флорокомплексів I і IV стадій демуатації рослинного покриву. Максимальним показником подібності видової структури ($K_j = 0,63$) характеризуються III і IV стадій сингенезу (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти подібності (K_j) видового складу флорокомплексів перелогів різних стадій вторинної сукцесії

Стадії вторинної сукцесії	I	II	III	IV
I	x	0,49	0,30	0,23
II	0,49	x	0,59	0,43
III	0,30	0,59	x	0,63
IV	0,23	0,43	0,63	x

Примітка. I, II, III, IV – дивись рисунок.

Із 10 провідних родин флорокомплексів перелогів 4 родини (*Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*) входять в головну частину флористичних спектрів усіх чотирьох стадій вторинної сукцесії. При цьому перше місце у флорокомплексах усіх стадій демуатації рослинного покриву займає родина *Asteraceae*. Ранги інших родин у спектрі помітно варіюють. У зв'язку з цим значення коефіцієнтів (r), що

відображають ступінь подібності систематичної структури провідних родин за кількістю видів та родів на різних стадіях вторинної сукцесії, вираховувалося за 12 родинами (табл. 3).

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів (r), що відображають ступінь подібності систематичної структури провідних родин за кількістю видів (a) і родів (б) флорокомплексів перелогів на різних стадіях вторинної сукцесії

Стадії вторинної сукцесії		a			
		I	II	III	IV
б	I	x	0,75	0,60	0,43
	II	0,8	x	0,72	0,62
	III	0,55	0,82	x	0,76
	IV	0,54	0,73	0,91	x

Примітка. I, II, III, IV – дивись рисунок.

Як видно з таблиці 4, ступінь подібності за числом видів варіює від ($r = 0,43$) до ($r = 0,76$), ступінь подібності за числом родів від ($r = 0,54$) до ($r = 0,91$). Перше значення свідчить про слабку подібність флорокомплексів I та IV стадій демуації, а друге – порівняно високу подібність видового та родового спектрів флорокомплексів II та III стадій.

Систематична структура флорокомплексів перелогів на різних стадіях вторинної сукцесії характеризується високою варіативністю за родовим спектром. Жоден із родів не займає одного і того ж рангу у спектрі провідних родів флорокомплексів чотирьох етапів демуації. У зв'язку з цим значення коефіцієнту (r), що відображає ступінь подібності систематичної структури провідних родів за кількістю видів в порівнюваних флорокомплексах вираховувалося за 12 родами (табл. 4).

Таблиця 4

Значення коефіцієнту (r), що відображає ступінь подібності систематичної структури провідних родів за кількістю видів флорокомплексів перелогів на різних стадіях вторинної сукцесії

Стадії вторинної сукцесії	I	II	III	IV
I	x	0,65	0,23	-0,05
II		x	0,72	0,61
III			x	0,76
IV				x

Примітка. I, II, III, IV – дивись рисунок.

Загальний рівень подібності флорокомплексів за цією ознакою є дещо нижчим, ніж у двох попередніх випадках. Найбільше значення коефіцієнту ($r = 0,76$) також вказує на високу подібність флорокомплексів III та IV стадій вторинної сукцесії, а найменше значення ($r = -0,05$) на мінімальний ступінь подібності I та IV стадій демуації рослинного покриву.

Окрім загальної систематичної структури флорокомплексів перелогів, актуальним є визначення видового багатства біотопів староорних земель. Базуючись на принципах неоднорідності та зміни рослинності в залежності від динаміки показників оточуючого середовища, як просторово (дискретно), так і в часі (сукцесійно) на території дослідження нами виявлено та описано видове багатство 10 біотопів.

До піонерної та злаково-різнотравної стадій сингенезу відносяться сегетальні та рудеральні біотопи: I 2.11 Біотопи малорічників нітрофільних рудеральних угруповань (111 видів); I 2.23 Ксеромезофітні рудеральні трав'яні біотопи

термофільного типу (49 видів); I 2.241 – Рудеральні біотопи перелогів на багатих ґрунтах (189 видів).

До третьої та четвертої стадій демуатації належать біотопи, достатньо чітку ценотичну структуру яких формують угруповання лучної та лісової рослинності: E 1.111 Щучникові луки, що сформувалися в умовах закислення ґрунту в негативних формах рельєфу (88 видів); E 1.22 Луки на багатих дерново-глейових, лучних ґрунтах (188 видів); E 1.23 Лисохвостові луки рівнинних ділянок заплав із змінним зволоженням (66 видів); E 2.122 Різнотравно-злакові угруповання лучно-степової рослинності на чорноземах (91 вид); G 1.34 – Мезоксерофільні зарості розових (91 вид); I 4.111 Штучно створені біотопи листяних дерев (80 видів); I 4.12 – Рудералізовані зарості кущів (260 видів).

Порівняння перелогових біотопів за допомогою коефіцієнту подібності видового складу Жаккара показує, що рівень подібності флор біотопів варіює від ($K_j = 0,14$) до ($K_j = 0,50$). Перший показник характеризує мінімальну подібність між видовим насиченням біотопів E 1.23 Лисохвостових лук рівнинних ділянок заплав із змінним зволоженням та I 2.11 Біотопів малорічників нітрофільних рудеральних угруповань. Другий показник свідчить про порівняно високу подібність видового складу біотопів I 4.12 – Рудералізованих заростів кущів та E 1.22 – Луки на багатих дерново-глейових, лучних ґрунтах.

ВИСНОВКИ

Таксономічний склад флорокомплексів перелогів Придністровського Поділля показав, що тут налічується 413 видів, які належать до 238 родів та 64 родин. Флорокомплексам староорних земель притаманне домінування за кількістю видів та родів небагатьох родин, таксономічний спектр яких охоплює 264 види (63,9 %) і 150 родів (62,9 %). У родовому спектрі флорокомплексів переважає монотипна фракція – 204 роди (85,7 %), які об'єднують 253 види (61,3 %). Аналіз флористичного багатства, систематичного різноманіття і таксономічного складу вказують на динамічність процесу флорогенезу на староорних землях та на найбільшу схожість флор III і IV стадій вторинної сукцесії, як наслідок стабілізації екологічних умов. Найменш подібними є флорокомплекси I і IV стадій сингенезу. Аналіз подібності видового складу 10 біотопів свідчить, що більшість їх характеризуються низьким рівнем подібності.

Подальші наші дослідження будуть стосуватися особливостей екологічної сукцесії на перелогах. В основу екологічного аналізу флорокомплексів буде покладено вчення О. Л. Бельгарда (1950) про екоморфи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Belgard, A. L., 1950.** Lesnaya rastitelnost Yugo-vostoka USSR [Forest vegetation of south east of USSR]. KSU, Kyiv (in Russian).
- Didukh, Y. P., 2011.** Biotypy lisovoji ta lisostepovoji zon Ukrainy [Biotopes of Forest and Forest-Steppe zones of Ukraine]. LLC MACROS, Kyiv (in Ukrainian).
- Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, Yu. N., 1987.** Opredelitel vyshykh rastenij Ukrainy [Key to Higher Plants of Ukraine]. Naukova Dumka, Kyiv (in Russian).
- Kucherevskiy, V. V., 2004.** Konspekt flory Pravoberezhnogo stepovogo Prydniprovyia [Konspekt flory Pravoberezhnogo stepovogo Prydniprovyia]. Prospekt, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Malyshev, L. I., 1972.** Floristicheskiye spektry Sovetskogo Soyuzu [Floristic Spectra of the USSR]. Science, Lviv (in Russian).
- Parpan, V., Olijnyk, M., 2013.** Napryamok zminy synantropizatsiji flory na perelogakh Prydnistrovskogo Podillya [Direction of flora synanthropization changing on the fallows of Prednistrovian Podillya]. Visnyk of the Lviv University. Series Biology, 63, 133–140 (in Ukrainian).
- Parpan, V. I., Olijnyk, M. P., 2013.** Pryrodne vidnovlennya derevnykh vydiv na perelogakh Prydnistrovskogo Podillya [Arboraceous species natural restoration on the Pre-Dnister Podillya fallows], Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine :

Collection of scientific works, NLTUU, Lviv, 23.34., 8–15 (in Ukrainian).

Herenchuk, K. I., 1973. Pryroda Ivano-Frankivskoji oblasti [Nature of Ivano-Frankivsk region], High School, Lviv (in Ukrainian).

Tkachyk, V. P., 2000. Flora Prykarpattya [Prycarpathians flora], SHSS, Lviv (in Ukrainian).

Tolmachev, A. I., 1962. Osnovy ucheniya ob arealakh [Basic teachings of habitats], Leningrad. University, Leningrad (in Russian).

Shmidt, V. M., 1984. Matematicheskiye metody v botanike [Mathematical Methods in Botany], Univ. Publ., Leningrad, Leningrad (in Russian).

Schmidt, V. M., 2005. Flora Arkhangel'skoj oblasti [Flora of Arkhangelsk Region], St.

Petersburg University, St. Petersburg (in Russian).

Tsvelev, N. N., 1976. Zlaki SSSR [Cereals of the USSR], Science, Leningrad (in Russian).

Yakubenko, B. E., 2007. Pryrodni kormovi ugiddy Lisostepu Ukrainy: flora, roslynny, dynamika, optymizatsiya [The natural fodder lands of the Forest steppe of Ukraine (flora, vegetation and dynamics)]. Thesis for obtaining doctor's degree of biol. sciences in the speciality 03.00.05 Botany. Kyiv (in Ukrainian).

Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. M., 1999. Vascular Plants of Ukraine a nomenclatural checklist. A nomenclatural checklist. M. G. Kholodny Institute Botany, Kyiv. 345 p.

Стаття надійшла в редакцію: 15.09.2014

Рекомендує до друку: чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук, проф. А. П. Травлєєв

FOREST BIOGEOCENOLOGY



I. V. Goncharenko  Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.
H. M. Holyk

UDK 581.9

*Institute for Evolutionary Ecology of the National
Academy of Sciences of Ukraine, Lebedeva str., 37,
03143, Kyiv, Ukraine*

KYIV PARK "NIVKI" AND "TEREMKI" FORESTS AND ECOLOGICAL ANALYSIS OF THEIR HABITATS

Abstract. Cenotic diversity and leading ecological factors of its floristic differentiation were studied on an example of two areas – Kyiv parks "Nivki" and "Teremki". It is shown that in megalopolis the *Galeobdolon-Carpinetum impatiens parviflorae* subassociation is formed under anthropogenic pressure on the typical ecotope of near-Dnieper hornbeam oak forests on fresh gray-forest soils.

The degree of anthropogenic transformation of cenofloras can be estimated by the number of species of *Robinieta* and *Galio-Urticetea* classes, as well as neophytes and cultivars. Phytoindication for hemeroby index may be also used in calculation.

We propose the modified index of biotic dispersion (normalized by alpha-diversity) for the estimation of ecophytocenotic range (beta-diversity) of relevés series.

We found that alpha-diversity initially increases (due to the invasion of antropophytes) at low level of anthropogenic pressure, then it decreases (due to the loss of aboriginal species) secondarily with increasing of human impact. Also we found that beta-diversity (differential diversity) decreases, increasing homogeneity of plant cover, under the influence of anthropogenic factor.

Vegetation classification was completed by a new original method of cluster analysis, designated as DRSA («distance-ranked sorting assembling»). The classification quality is suggested to be validated on the "seriation" diagram, which is a distance matrix between objects with gradient filling. Dark diagonal blocks confirm clusters' density (intracluster compactness), uncolored off-diagonal blocks are evidence in favor of clusters' isolation (intercluster distinctness). In addition, distinction of clusters (syntaxa) in ordination area suggests their independence.

For phytoindication we propose to include only species with more than 10% constancy. Furthermore, for the description of syntaxonomic amplitude we suggest to use 25%-75% interquartile scope instead of mean and standard deviation. It is shown that comparative analysis of syntaxa for each ecofactor is convenient to carry out by using violin (bulb) plots.

A new approach to the phytoindication of syntaxa, designated as R-phytoindication, was proposed for our study. In this case, the ecofactor values, calculated for individual relevés, are not taken into account, however, the composition of cenoflora with species constancies is used that helps us to minimize for phytoindication the influence of non-typical species.

We suggested a syntaxon's amplitude to be described by more robust statistics: for the optimum of amplitude (central tendency) – by a median (instead of arithmetic mean), and for the range of tolerance – by an interquartile scope (instead of standard deviation).

 Tel.: +38044-526-20-51. E-mail: 3604749@gmail.com

DOI: 10.15421/031420

We assess amplitudes of syntaxa by phytosyntax method for moisture (Hd), acidity (Rc), soil nitrogen content (Nt), wetting variability (vHd), light regime (Lc), salt regime (Sl). We revealed no significant differences on these ecofactors among ecotopes of our syntaxa, that proved the variant syntaxonomic rank for all syntaxa.

We found that the core of species composition of our phytocenoses consists of plants with moderate requirements for moisture, soil nitrogen, light and salt regime. We prove that the leading factor of syntaxonomic differentiation is hidden anthropogenic, which is not subject to direct measurement. But we detect that hidden factor of "human pressure" was correlated with phytosyntax parameters (variables) that can be measured "directly" by species composition of plant communities. The most correlated factors were ecofactors of soil nitrogen, wetting variability, light regime and hemeroby. The last one is the most indicative empirically for the assessment of "human impact". We establish that there is a concept of «hemeroby of phytocenosis» (tolerance to human impact), which can be calculated approximately as the mean or the median of hemeroby scores of individual species which are present in it.

Keywords: forest-park vegetation, Kyiv, syntaxonomy, Fagitalia, cluster analysis, DRSA, phytosyntax, violin plots.

УДК 581.9

И. В. Гончаренко канд. биол. наук, доц.
Г. Н. Голик

*Институт эволюционной экологии НАН Украины,
ул. Лебедева, 37, 03143, г. Киев, Украина
тел.: +38044-526-20-51, e-mail: 3604749@gmail.com*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕСТООБИТАНИЙ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПАРКОВ «НИВКИ» И «ТЕРЕМКИ» г. КИЕВА

Исследовано ценоотическое разнообразие и ведущие экологические факторы дифференциации растительности парков «Нивки» и «Теремки» г. Киева. Показано, что в мегаполисе на месте типичной для Приднепровья свежей грабовой дубравы формируется субассоциация *Galeobdolon-Carpinetum impatiens parviflorae*. Для оценки бета-разнообразия предложен модифицированный индекс биотической дисперсии (MIBD). Классификация растительности проведена новым оригинальным методом кластерного анализа DRSA («distance-ranked sorting assembling»). Качество классификации оценено с помощью диаграммы «серии». Предложено при фитоиндикации учитывать только виды с более 10 % константности, а для характеристики синтаксономической амплитуды – использовать интерквартильный размах. Сравнительный анализ синтаксонов по каждому из экофакторов проведен на скрипичных (репчатых) диаграммах. Рассматривается новый подход к фитоиндикации синтаксонов с учетом ценофлоры и константности видов – R-фитоиндикация.

Ключевые слова: лесопарковая растительность, Киев, синтаксономия, Fagitalia, кластерный анализ, DRSA, фитоиндикация, скрипичные диаграммы.

УДК 581.9

І. В. Гончаренко канд. біол. наук, доц.
Г. М. Голик

*Інститут еволюційної екології НАН України,
вул. Лебедєва, 37, 03143, м. Київ, Україна
тел.: +38044-526-20-51, e-mail: 3604749@gmail.com*

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МІСЦЕЗРОСТАНЬ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ ПАРКІВ «НИВКИ» ТА «ТЕРЕМКИ» м. КИЄВА

Досліджено ценотичну різноманітність і провідні екологічні чинники диференціації рослинності парків «Нивки» та «Теремки» м. Києва. Показано, що в мегаполісі на місці типової для Придніпров'я свіжої грабової діброви формується субасоціація *Galeobdolon-Carpinetum impatiens parviflorae*. Для оцінки бета-різноманіття запропонований модифікований індекс біотичної дисперсії (MIBD). Класифікація рослинності проведена новим оригінальним методом кластерного аналізу DRSA («distance-ranked sorting assembling»). Якість

класифікації оцінена за допомогою діаграми «серіації». Запропоновано при фітоіндикації враховувати лише види з понад 10 % константності, а для характеристики синтаксономічної амплітуди – використовувати інтерквартильний розмах. Порівняльний аналіз синтаксонів за кожним з екофакторів проведений на скрипкових (ріпчастих) діаграмах. Розглядається новий підхід до фітоіндикації синтаксонів з урахуванням ценофлори і константності видів – R-фітондикація.

Ключові слова: лісопаркова рослинність, Київ, синтаксономія, *Fagetalia*, кластерний аналіз, *DRSA*, фітоіндикація, скрипкові діаграми.

ВСТУП

Рослинність міських парків – зручний об’єкт моніторингу біологічного різноманіття в умовах постійного антропогенного пресингу. Рекреаційне навантаження є провідним фактором, що визначає напрямки трансформації рослинності зеленої зони великих міст. Але ступінь цієї трансформації можна оцінити лише ретельно дослідивши склад та структуру найбільш чутливого компоненту біогеоценозу, яким є фітоценоз. Ми розглянемо флористичний склад та фітоценотичну різноманітність лісової рослинності на прикладі двох міських парків м. Києва, проведемо екологічний аналіз її місцезростань та приділимо увагу оцінці ступеня антропогенної трансформації лісопаркової рослинності модельних об’єктів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У липні-серпні 2014 року виконано 78 геоботанічних описів на території парків «Нивки» (50.46 пн.ш., 30.42 сх.д.) та «Теремки» (50.36 пн.ш., 30.45 сх.д.) м. Києва. Описи виконувалися в природних межах фітоценозів за традиційною методикою з фіксацією повного видового складу та рясності за шкалою Б. М. Міркіна. Латинські назви видів подано за чеклістом України (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999). Для публікації латинських назв видів використовували програму-фасилітатор для безпомилкового комп’ютерного набору латинських назв таксонів з урахуванням синоніміки, яка використовує згаданий чекліст (Goncharenko, Senchylo, 2013).

Зведений флористичний список нараховує 98 видів, причому 18 видів трапилися менш ніж в 1 % описів, а 25 видів є «наскрізними» та трапляються більш ніж у 30 % описів. Середня кількість видів на опис (альфа-різноманіття) складає 18.6. Основна частина описів (83 %) відповідає формації *Querceta roboris*.

З метою класифікації фітоценозів зазначений масив геоботанічних описів був оброблений з використанням оригінального методу кластерного аналізу *DRSA*. Даний метод був апробований на фітоценотичних даних (Goncharenko, 2014). Він не потребує зазначення числа кластерів до початку аналізу, визначає перехідні фітоценози («noise detection») в ході класифікації, дає щільні фітоценотичні кластери (фітоценони), не має обмежень щодо широти еколого-фітоценотичного діапазону вибірки, а також перевіряє кластери на «геоботанічну» інтерпретованість підрахунком числа вірних видів. На разі тестування методу продовжується.

Для ординації фітоценозів ми використали метод неметричного багатовимірного шкалювання (пакет *Vegan* (Oksanen et al., 2010) для середовища R). Схожість між фітоценозами за флористичним складом визначали за коефіцієнтом подібності Охаї (Otiаi). Після ординації було враховано дві перші вісі, які відображають головну частину флористичної диференціації. Для інтерпретації осей ординації екологічними факторами ми паралельно здійснили фітоіндикаційні розрахунки та дослідили кореляцію між навантаженнями на вісі ординації та розрахованими значеннями екофакторів. У розрахунках за методом фітоіндикації ми включили фактори вологості (Hd), кислотності (pH), вмісту азоту у ґрунті (Nt), світлового (Lc) і сольового режиму (Sl) (Didukh, 2011). До фітоіндикації нами додатково додано бали видів за гемеробністю (Hm). При цьому порядкові шкали гемеробності Д. Франка, С. Клотца (Frank, Klotz, 1990), узяті за основу, спочатку

трансформували до числових (агемероби отримали бал 1, метагемероби – 9), а потім включили до розрахунків.

Традиційна оцінка за методом фітоіндикації передбачає розрахунок середнього арифметичного значення для кожного фітоценозу, виходячи з балів видів у екологічних шкалах. Назвемо це Q-фітоіндикацією. Але середнє арифметичне є адекватним лише у разі нормального розподілу. Значно більш робастним показником є персентиль. Тому для оцінки синтаксономічної амплітуди ми пропонуємо замість середнього та стандартного відхилення подавати 25 % та 75 % персентилі (інтерквартильний розмах) значень екофакторів, що меншою мірою буде залежати від «викидів». Також ми пропонуємо в розрахунках для кожного синтаксону брати лише види з більш ніж 10 % траплянням. Цим ми зменшимо вплив випадкових видів на екологічну оцінку. Розрахунок буде проведено окремо «за фітоценозами» і «за видами». Якщо Q-фітоіндикація передбачає спочатку розрахунок «за фітоценозами» і лише потім статистичну оцінку синтаксономічної амплітуди з одержаного ряду значень, то у випадку фітоіндикації «за видами», R-фітоіндикації, спочатку формується ценофлора (зведений флористичний список видів одного синтаксону), а потім, знаючи бали видів у шкалах та їх константність у синтаксоні, визначається синтаксономічна амплітуда.

Особливу увагу буде приділено оцінці якості геоботанічної класифікації. До речі, вітчизняні геоботаніки приділяють мало уваги питанням оцінки «достовірності», «якості», «інтерпретованості» своєї класифікації, подаючи дані «as is». Ступінь самостійності синтаксонів буде оцінено паралельно двома підходами. Перший підхід полягає у суперпозиції кластерів та ординаційної діаграми. Якщо кластери виявляються відокремленими в ординаційному просторі, то їх виділення буде проведено коректно, а синтаксони будуть самостійними. За іншим підходом, методом «серіації» (англ. seriation), матриця коефіцієнтів флористичної подібності спочатку впорядковується таким чином, щоб поруч розташовувалися фітоценози одного синтаксону. Фактично це сортування рядків і стовпчиків вихідної матриці відстаней за номінальною ознакою – належністю об'єкту щодо кластеру. Потім абсолютні значення коефіцієнтів відстані (схожості) замінюються градієнтом кольорової (чи монохромної) заливки: що більшим є значення коефіцієнту в даній комірці матриці, тим більш насиченим буде її забарвлення і навпаки. Можна задавати число відтінків (градацій) кольору та «поріг знебарвлення»: якщо відстань між об'єктами більша порогу, комірка матриці лишається білою. Таким чином, метод серіації «експлуатує» ідею блочно-діагональних (впорядкованих) діаграм Чекановського, оприлюднену на початку минулого століття (1909): про щільність кластерів буде свідчити зосередженість «темних» комірок поблизу діагоналі, а про відмежованість кластерів – «світлі» комірки пар описів з різних кластерів. Візуалізацію матриці флористичної подібності методом серіації здійснено за допомогою функції `dissplot` пакету `seriation` (Hahsler et al., 2008) для середовища R.

ФІТОЦЕНОТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИНТАКСОНІВ

Основний негативний вплив на лісову рослинність парків м. Києва чинить рекреаційне навантаження. Деякі ділянки зазнають ще додаткового антропогенного пресингу через сусідство будмайданчиків чи адміністративних споруд, тому страждають від додаткового засмічення. Значний антропогенний фактор відбивається на флористичному складі. Він налічує чимало культиварів (*Acer pseudoplatanus* L., *Quercus rubra* L., *Juglans regia* L.), неофітів (*Xanthoxalis dillenii* (Jacq.) Holub, *Bidens frondosa* L., *Impatiens parviflora* DC., *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Phalacrologium annuum* (L.) Dumort., *Solidago canadensis* L.), а також облігатних апофітів (*Geum urbanum* L., *Fallopia dumetorum* (L.) Holub, *Sambucus nigra* L., *Lamium purpureum* L., *Chelidonium majus* L., *Ballota nigra* L.).

Спостерігаються наступні закономірності у процесах трансформації видового складу лісової рослинності парків. Першою стадією є збільшення рясності експлерентів. Такими видами у лісовій рослинності парків є: *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Geranium robertianum* L., *Impatiens parviflora*, *Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Grande, *Chaerophyllum temulum* L., *Torilis japonica* (Houtt.) DC. тощо. Зростає також рясність зоохорів (*Torilis japonica*, *Geum urbanum*, *Chaerophyllum temulum*, *Galium aparine* L.), які добре пристосовані до розповсюдження на одязі відвідувачів. 100% трапляння має *Impatiens parviflora*, який повністю натуралізувався в парках та штучних деревних насадженнях. На другій стадії трансформації зростає чисельність видів-анемохорів. Зазвичай у лісі вони туляться поблизу просік, стежок і т.п., адже вітру під наметом щільного лісу майже нема. Поява їх буде свідчити про значну фрагментацію рослинного покриву, коли анемохори (*Phalacrologium annuum*, *Lapsana communis*, *Mycelis muralis* (L.) Dumort.) заносяться з окрайків вглиб. Майже одночасно з'являються і неофіти. Поява останніх – третя стадія дигресії лісопаркових угруповань. Природні ліси – це щільні, зімкнуті ценози, що істотно «опираються» адвентам. Але у міру руйнування лісового ценозу на місце корінних видів швидко приходять «агресивні» прибульці. Тому кількість неофітів у видовому складі угруповань парків – надійний індикатор тривалості та потужності рекреаційного пресу.

Що стосується синтаксономічної інтерпретації дослідженої рослинності, то тут очевидний зв'язок з лісами фагетального порядку.

Синтаксономічна схема лісової рослинності парків «Нивки» та «Теремки»

Quercus-Fagetum Br.-Bl. et Vlieger 1937

Fagetalia sylvaticae Pawl. 1928

Carpinion betuli Issler 1931

Galeobdolon lutei-Carpinetum Shevchyk et al. 1996

Subass. *Impatiens parviflorae* Goncharenko et al. 2013

1. Var. *Galeobdolon luteum*

2. Var. *Rubus caesius*

3. Var. *Paris quadrifolia*

На місці типової для Придніпров'я грабової діброви і було закладено згадані парки. Отже стосовно порядку немає сумнівів: види *Fagetalia* рясні та чисельні. А от афінність щодо союзу *Carpinion*, навпаки, виключно номінальна. Загалом *Carpinion* – це центральноєвропейський союз, і присутність *Carpinus betulus* без «свити» інших західних видів робить підпорядкування дуже умовним. На рівні асоціацій найбільша схожість з описаною з Канівського заповідника *Galeobdolon lutei-Carpinetum*, особливо субасоціацією *G.-C. sambucetosum nigrae*. Якщо звернутися до першоджерела, автор так дає характеристику її приуроченості: «до розширень тальвегів, підніж та пологих схилів із збагаченими зсувовим матеріалом потужними сірими лісовими ґрунтами» (Shevchyk et al., 1996).

Якщо порівняти ядра ценофлор (види III-V класу константності) субасоціації з Канівських лісів та описаної нами, то помітно їх значну подібність. В обох випадках постійними є 7 видів: *Sambucus nigra*, *Impatiens parviflora*, *Carpinus betulus* L., *Asarum europaeum* L., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Acer platanoides* L. Ядра ценофлор канівських ценозів відрізняють: *Mycelis muralis*, *Aegopodium podagraria*, *Carex pilosa* Scop., *Dryopteris filix-mas*, *Geranium robertianum*, *Acer campestre*, *Moehringia trinervia*, *Viola reichenbachiana* Jord. Ex Boreau, *Populus tremula* L., *Stellaria holostea*, *Viola odorata*, *Lamium galeobdolon*. Ядра ценофлор описаних нами ценозів відрізняють 8 видів: *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Geum urbanum*, *Tilia cordata* Mill., *Euonymus europaea* L.,

Crataegus monogyna Jacq., *Corylus avellana* L., *Cerasus avium* (L.) Moench, *Urtica dioica* L. Але ці відмінності несуттєві, адже практично усі види, за якими вони відрізняються, присутні у видовому складі хоча і з меншим ступенем константності.

Нижче подано результат класифікації 78 фітоценозів методом DRSA (табл. 1). При цьому щільність фітоценозів підвищується за рахунок визначення перехідних фітоценозів («noise detection») та їх бракування у ході роботи алгоритму (DRSA). «Природність» одержаної класифікації додатково підтверджується тим, що описи, виконані у парках «Нивки» та «Теремки», «розійшлися» по різних кластерах.

У парку «Нивки» трапляється лише *G.-C. impatientosum* var. *Galeobdolon luteum*. Рельєф тут яружно-балковий. Угруповання зустрічаються на схилах різноманітної експозиції (пн.-сх., пн.-зах., пд.), крутизна схилів 5–15°. Слід відзначити відносну близькість до парку забудови та більші площі під «окультуреною» територією. Як наслідок, тут більша «засміченість» ценофлори видами *Robinietea* та *Galio-Urticetea*, неофітами та культиварами. У парку «Теремки» трапляється і *G.-C. impatientosum* var. *Rubus caesius*, і *G.-C. impatientosum* var. *Paris quadrifolia*. Слід відзначити, що чітких відмінностей у місцезростаннях цих синтаксонів немає. Ґрунтовий покрив у парку – це переважно сірі лісові ґрунти на лесовидних суглинках. Але рельєф, на відміну від парку «Нивки», вирівняний або слабохвилястий. Обидва синтаксони чітко відрізняються від var. *Galeobdolon luteum* з парку «Нивки» блоком «*Galium odoratum*» (табл. 1).

Кількісний аналіз синтаксонів

Еколого-фітоценотичний діапазон (ЕФД) дослідженої вибірки не значний. ЕФД, або бета-різноманіття, можна оцінити середнім значенням коефіцієнтів флористичної подібності між усіма описами. Нами застосовано коефіцієнт Охаї. Отже, середнє значення подібності між описами дослідженої вибірки становило 0.44, а 25 % та 75 % персентилі – 0.35 та 0.53 відповідно. Таким чином, у описах від 1/3 до 1/2 спільних видів. Це дає підстави вважати усі три фітоценози частинами однієї асоціації та присвоїти їм ранги варіантів.

Інший спосіб оцінити ЕФД вибірки – це скористатися індексом біотичної дисперсії, запропонованим Л. Кохом у 1957 році. Цей коефіцієнт дозволяє оцінити схожість серії описів. Ми пропонуємо його модифікований варіант, який враховує показники альфа-різноманіття.

$MIBD = (S-R)/((N-1)*R)$, де MIBD – модифікований індекс біотичної дисперсії, S – кількість видів об'єднаного флористичного списку, R – середня кількість видів на фітоценоз (альфа-різноманіття), N – кількість описів.

Простіше пояснити його ґрунтовність на конкретному прикладі. Нехай, маємо два фітоценози по 20 видів кожен, причому у них немає жодного спільного виду. Тоді R = 20, S = 40, N = 2, а MIBD = 1. Видозмінімо умову: нехай усі види спільні. Тоді, R = 20, S = 20, N = 2, а MIBD = 0. Таким чином, MIBD змінюється від 0 до 1 і досягає максимального значення при відсутності спільних видів у будь-якої пари з серії фітоценозів. Якщо узяти відому криву кількість видів/описів, то MIBD відображає «швидкість» приросту кількості видів об'єднаного списку, фактично кут, що утворює дотична кривої кількість видів/описів проведена від початку координат з віссю абсцис (кількість описів). У нашому випадку, N = 78, S = 98, R = 18,6, отже MIBD = 0.06, що свідчить про вузький ЕФД і значну подібність між описами: один новий опис приносить лише близько 6 % нових видів.

На рис. 1 представлено результати ординації фітоценозів. «Карта» взаємного розташування фітоценозів відображає ступінь подібності їх флористичного складу: чим ближче розташовані два фітоценози (точки), тим більш подібними вони є за видовим складом. З використанням кластерного аналізу алгоритмом DRSA, було виділено 3 фітоценотичні кластери (фітоценози). Їх межі на рис. 1 позначені за «крайніми» об'єктами. Однією з особливостей методу DRSA є те, що він визначає

D.s. subass. G.-C. impatientosum parviflorae																																
Impatiens parviflora	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	+	1	+	+	1	+	1	2	1	1			
Geum urbanum	+		1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1		
Sambucus nigra	2	+	1	1	1	1	+	+	1	+	2	1	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Urtica dioica	1	1	+		+	1	1	1	1	1	+	+	+	+	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
D.s. class Quercro-Fagetæ & ord. Fagetalia																																
Quercus robur	1	+	2		2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1		
Carpinus betulus	1	2	+	1	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Ulmus glabra	1	1	1	+	+	1			+	+	+	1	+	+	1	2	1	+	1	1	1	2	+	+	+	+	+	+	+	1		
Acer platanoides	1	2	2	+	1	+	1	1	1	1	1	1	+		1	+						2	1	1	1	1	1	1	1	1		
Fraxinus excelsior		1	1					1		+		+	+	+	1															1		
Euonymus europaea	1			1	+	1				1	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	
Crataegus monogyna	1			1		+				1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	
Polygonatum multiflorum		+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	
Asarum europaeum				+	1	+	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	
Pulmonaria obscura					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	
Aegopodium podagraria	1	1	1						1																					1	1	1
Convallaria majalis		+		+						+										1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Galium odoratum										1	1	+								1	1	+	+	1	1	1	1	2	1	1	1	
Corylus avellana										1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Cerasus avium				1	+	+					1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	+	+	+	1	1	1	1	1	
Swida sanguinea										1	2	1	1	+						1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
Viburnum opulus	1									+	+	+	1	+	+	+						+		1	1	1	1	1	1	1	1	

Закінчення табл. 1

D.s. class Robinietea												
Chelidonium majus	1	+	1	1	1	+	+	+	1	1	+	
Robinia pseudoacacia	2	2		1	2				+	+		
Xanthoxalis dillenii		+	+	+			1					
Geranium robertianum				1	2			1	+	1	1	+
Acer negundo	1							1	1	2	+	+
Інші види:												
Radus avium									+			
Sorbus aucuparia	2	+	1	1	+	1	+	1	2			1

Види, що трапляються зрідка: Betula pendula 2, 21, 27, 29, 31; Ballota nigra 59, 72; Carex pilosa 43, 60; Vinca minor 70, 72; Juglans regia 59, 68, 24; Mercurialis perennis 60; Stellaria holostea 68; Glechoma hederacea 59; Mycelis muralis 43, 59; Plantago major 59, 75, 8; Aesculus hippocastanum 43; Arctium lappa 59; Bidens frondosa 59; Dactylis glomerata 74; Lamium purpureum 41; Polygonatum odoratum 72; Solanum nigrum 59; Stachys sylvatica 59; Phalacrolooma annuum 72; Torilis japonica 40, 6, 8; Chaerophyllum temulum 5, 7; Geum rivale 7; Populus alba 2; Salix alba 2; Sanicula europaea 24, 27; Athyrium filix-femina 19; Betula pubescens 19; Duchesnea indica 11; Lilium martagon 27; Stachys palustris 18; Viola odorata 68, 2; Moehringia trinervia 7; Polygonum dumetorum 59, 21; Scrophularia nodosa 72.

перехідні ценози відразу в процесі класифікації. Це дозволяє DRSA об'єктивізувати процес «бракування» перехідних об'єктів (шуму). Після кластеризації з 78 фітоценозів 44 увійшли до складу кластерів (позначені точками), а 38 визнані перехідними (позначені +). Як бачимо з рис. 1, кластери практично не перетинаються і є самостійними. Розмежування кластерів у площині ординації доводить їх «якість» і самостійність.

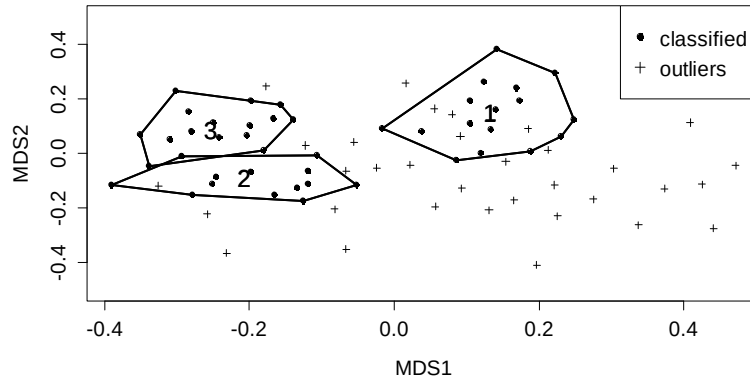


Рис. 1. Розташування кластерів у площині NMDS ординації

Результат градієнтної заливки матриці відстаней між фітоценозами, впорядкованої щодо кластерів (метод серіації), показаний на рис. 2.

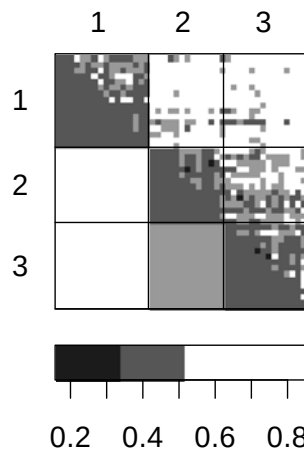


Рис. 2. Блочно-діагональний вид впорядкованої матриці відстаней між фітоценозами з градієнтною заливкою

Відстані між фітоценозами обраховано як $D = 1 - K$, де K – коефіцієнт подібності Охаї між фітоценозами. На перший погляд «читати» таку діаграму доволі складно. Але це не так. Достатньо її лише уявити як сильно зменшений варіант звичайної квадратної матриці відстаней між описами, з якого прибрали перший рядок та стовпчик (з номерами описів), а значення матриці зафарбували відповідно до значень. При цьому, відповідно до легенди що подана нижче, значення відстаней матриці > 0.5 узяті як поріг та позначені білим.

Лінії, які сегментують діаграму на 3 частини, позначають межі 3-х кластерів, що були виділені після DRSA. Отже, в межах кожного з 3-х стовпчиків (або рядків) розташовуються фітоценози, віднесені до одного кластера. Номери кластерів вказано над діаграмою. На діагоналі більші квадрати «передають» середнє значення

відстаней між описами одного кластера (intracluster distances), а великі піддіагональні квадрати – між описами різних кластерів (intercluster distances). Натомість, над діагоналлю, в менших комірках, інтенсивність заливки відповідає значенню відстані між окремими фітоценозами.

По-перше, ми бачимо, що три більші квадрати вздовж діагоналі інтенсивніше зафарбовані, ніж 3 піддіагональні. Це означає, що внутрішньокластерні дистанції менші, ніж міжкластерні, як і мало б бути. По-друге, інтенсивність зафарбування трьох більших діагональних квадратів приблизно однакова, отже щільність виділених фітоценозів теж приблизно однакова і складає, як свідчить легенда діаграми, -0.15-0.35 D. Такою є середня відстань між описами одного кластеру. Додатково переконалися у сказаному можна розглянувши «дзеркальну» наддіагональну частину: зафарбовані менші комірочки туляться поблизу діагоналі і «вкладаються» у більші квадрати, що відповідають одному кластеру, а поза діагоналлю – комірочки переважно не зафарбовані, інакше кажучи $D > 0.5$.

Кластери 2 і 3 доволі схожі між собою: відповідний їм піддіагональний квадрат зафарбований, і середня відстань -0.35-0.5 D. Теж помітно і в наддіагональній «дзеркальній» частині: чимало комірок зафарбовані, причому кількість зафарбованих комірок більша за кількість незафарбованих саме в межах блоку [2;3]. Остаточо пересвідчитися у флористичній подібності синтаксонів 2 і 3 можна поглянувши в табл. 1 на блок порядку *Fagetalia*. Чітко видно види, які їх «об'єднують»: *Galium odoratum*, *Corylus avellana*, *Cerasus avium* та інші. Інша ситуація з кластером 1: піддіагональні блоки [1;2] та [1;3] незафарбовані, тобто середні міжкластерні відстані перевищують поріг 0.5, описи є доволі «несхожими» за видовим складом. Аналогічно у «дзеркальній» наддіагональній частині [2;1] та [3;1] виразно переважають незафарбовані комірочки.

Екологічний аналіз місцезростань

Інтерпретацію осей непрямої ординації зазвичай проводять, досліджуючи їх кореляцію із значеннями екофакторів, розрахованими методом фітоіндикації. З одного боку, для кожного з фітоценозів ми маємо значення координат (навантажень) в ординаційному просторі, з іншого – значення екофакторів після фітоіндикації. Вісі непрямої ординації, зокрема, багатовимірного шкалювання, відображають головні напрямки флористичної диференціації. Якщо між значеннями навантажень на вісі та значеннями екофакторів виявиться суттєва кореляція, можна говорити: даний напрямок (вісь) флористичного градієнту пов'язана з градієнтом певного екологічного фактору, з яким виявлена кореляція.

Результати обчислень коефіцієнтів кореляції Пірсона між навантаженнями на вісі (MDS1, MDS2 – першу та другу вісь відповідно) та шістьма екофакторами (Nd, pH, Sl, Nt, Lc, Hm) показано в табл. 2.

Як бачимо, з першою віссю не пов'язаний жоден з екофакторів, оскільки значення кореляції за Пірсоном r не перевищили 0.6. Причин тому може бути дві. Або фактор, який би мав кореляцію з першою (головною) віссю, не був врахований (адже екологічних факторів існує значно більша кількість, ніж включено до методики фітоіндикації), або, більш імовірно, це є наслідком вузького екологічного діапазону вибірки. Тоді чітких екологічних відмінностей між синтаксонами, у нашому випадку – варіантами однієї субасоціації, може і не спостерігатися.

Друга вісь корелює з факторами освітлення та гемеробності ($|r| > 0.6$). Ця кореляція є достовірною, оскільки значення p -value щодо перевірки гіпотези про відсутність кореляції менше за 0.05: для LC p -value = 1.894e-15, для Hm p -value = 1.493e-09. Знак r у обох факторів однаковий (від'ємний), тому ці фактори ще й корелюють між собою. Кореляція між LC та Hm дійсно складає $r = 0.52$, а p -value = 8.299e-07. Вочевидь, вона пов'язана з прихованим третім «спільним» фактором – антропогенним пресингом, який виміряти безпосередньо неможливо. Так, пресинг призводить, з одного боку, до

проникнення метагемеробних синантропних видів (тоді збільшуються значення Hm), з іншого – до руйнування вертикальної структури лісового ценозу, внаслідок чого зростає освітленість під наметом дерев (тоді зростають значення Lc). Цікаво, що фактор вологості (Hd), який в багатьох випадках є провідним, не позначається на флористичній диференціації лісових угруповань, оскільки кореляція Hd з кожною з вісей не виявлена (вісь MDS1 $r = -0.03$, вісь MDS2 $r = -0.25$).

Таблиця 2

Екологічна оцінка синтаксонів (1–3) за методом фітоіндикації та кореляція екофакторів з ординаційними навантаженнями (MDS1, MDS2)

Фактор	MDS1	MDS2	синтаксони		
			1	2	3
Hd	-0.03	-0.25	11.5–12.37	11.5–12.25	11.5–12.7
			11.98–12.09	11.99–12.20	12.02–12.18
pH	-0.09	-0.38	7.12–8.87	7.75–8.75	7–9
			7.81–8.05	8.05–8.15	8.03–8.13
Sl	0.2	-0.59	6.12–7.37	6.25–7	6–7
			6.61–6.74	6.74–6.88	6.59–6.72
Nt	0.43	-0.44	6.5–7.5	6.25–7.75	5.75–7.5
			7.00–7.15	7.01–7.29	6.79–7.05
Lc	0.26	-0.78	4–6.37	4.5–6.5	3.5–4.5
			4.70–4.97	4.83–5.07	4.42–4.66
Hm	0.09	-0.62	2.9–4.4	3.1–3.8	3–3.2
			3.32–3.53	3.55–3.72	3.43–3.59

В табл. 2 наведені значення діапазону кожного з 6 екофакторів, який відповідає значенням 25 % та 75 % перцентилей в межах кожного з 3-х синтаксонів. Існують три принципи відмінності у фітоіндикації за нашою модифікованою методикою:

1) враховуються лише види з константністю понад 10 % (цим зменшується вплив «випадкових» видів);

2) замість середнього та стандартного відхилення для характеристики амплітуди синтаксону використовуємо нижній та верхній квартилі;

3) проводимо розмежування між Q- та R-фітоіндикацією.

Діапазон значень між 25 % та 75 % перцентиліями – це фактично амплітуда синтаксону (за певним екофактором). В комірках табл. 2 в верхній половині знаходяться квартилі, розраховані за балами видів (R-фітоіндикація), а у нижній половині – квартилі, розраховані за описами (Q-фітоіндикація). Для порівняльного аналізу синтаксонів ми використали т.з. «скрипкові діаграми» (violin plots), що поєднують коробчатую діаграму «ящик з вусами» з графіком ядерної оцінки щільності ймовірності (kernel density plot). Назву ця діаграма (ще її називають «ріпчастою») отримала через свою форму, що нагадує скрипку або ріпак, завдяки графікам ядерної щільності дзеркально з кожного боку, окреслюючи контур «ріпака». Що «товщим» є графік на певному горизонтальному «зрізі», то більше видів із відповідними екологічними балами щодо певного фактору (вісь ординат) у даному синтаксоні. Центральна точка – це медіана (оптимум синтаксономічної амплітуди), чорний прямокутник – інтерквартильний розмах (достовірні межі синтаксономічної амплітуди), «вуса» - мінімальне та максимальне значення.

На рис. 3 показано «скрипкові» діаграми за зволоженням.

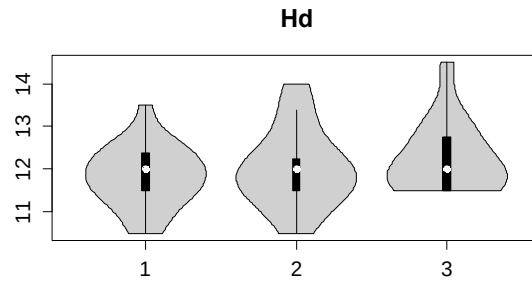


Рис. 3. Синтаксономічні амплітуди 3-х синтаксонів за вологістю (Hd)

Ми бачимо, що синтаксономічні амплітуди 3-х синтаксонів щодо зволоження близькі: медіани і розширені частини ріпчастих діаграм розташовуються майже на одному рівні. При цьому виразно переважають види-мезофіти (з балом 12, загалом 23 градації в екологічній шкалі Hd за Я. П. Дідухом). Нижні квартилі (мінімуми синтаксономічних амплітуд) теж однакові – 11.5 (табл. 2), верхні незначно відрізняються (рис. 1). Скрипкова діаграма кластеру 3 виразно асиметрична: витягнута в бік більших значень вологості (13.5–14.5 Hd) та чітко «зрізана» знизу. Це свідчить про те, що у ценофлорі цього синтаксону присутні (хоча їх і менше) більш вологолюбні види. До речі, побачити на традиційних діаграмах «ящик з вусами» було б неможливо. На відміну від кластеру 3, найбільш «симетричною» є синтаксономічна амплітуда кластеру 1, тобто розподіл кількості видів з різними балами за зволоженням близький до нормального.

На рис. 4 показано скрипкові діаграми щодо фактору кислотності ґрунту.

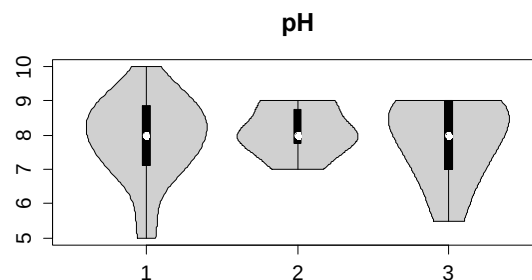


Рис. 4. Синтаксономічні амплітуди по відношенню до кислотності ґрунту (pH)

По-перше, чітко видно, що найвужчою за pH є синтаксономічна амплітуда кластеру 2, проте центри амплітуд (медіани) розташовуються приблизно на одному рівні, що відповідає балу 8 (значення 7 – субацидофіти, 9 – нейтрофіти, усього 15 градацій pH). Це узгоджується із звичайними значеннями pH (6.1–6.5) для сірих лісових слабоопідзолених ґрунтів, на яких і сформувалися ці угруповання. Те, що кислотність ґрунту не спричиняє значних флористичних відмінностей між синтаксонами, також підтверджує відсутність кореляції pH з осями ординації ($r(\text{MDS1}) = -0.09$, $r(\text{MDS2}) = -0.38$).

На рис. 5 показано скрипкові діаграми щодо фактору соляного режиму.

Помітно, що синтаксономічні амплітуди кластерів 2 і 3 щодо фактору SI вузькі. Більшість неморальних видів чутливі до цього фактору, тому їх амплітуди мало відрізняються положенням оптимуму. Як бачимо, найширша частина діаграм відповідає геміевтрофам (бал 5 – мезотрофи, бал 7 – геміевтрофи, усього 19 градацій SI). Широколистяні ліси здебільшого займають підвищені елементи рельєфу, вкривають крутосхили долин річок та балок. Тому ґрунти промивного режиму, а це пояснює їх відносну збідненість під широколистяними лісами (у порівнянні, наприклад, з лучними ґрунтами) на мінеральні елементи. У той же час «хвіст» скрипкової

діаграми синтаксона 1 (рис. 5) чітко вказує на те, що види, які і зумовлюють цей «хвіст» (*Glechoma hederacea* L., *Plantago major* L., *Lysimachia nummularia* L.), є «чужорідним» елементом і мають іншу екологічну приуроченість.

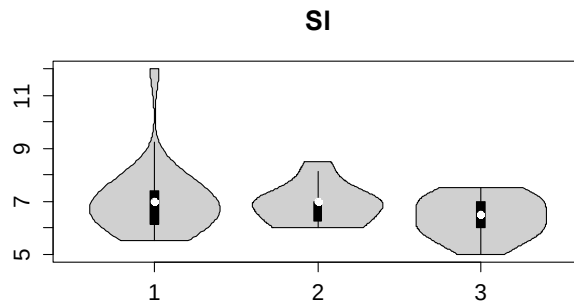


Рис. 5. Синтаксономічні амплітуди по відношенню до сольового режиму (SI)

На рис. 6 показано скрипкові діаграми за результатами фітоіндикації щодо фактору багатства ґрунтів на засвоювані рослинами форми нітрогену.

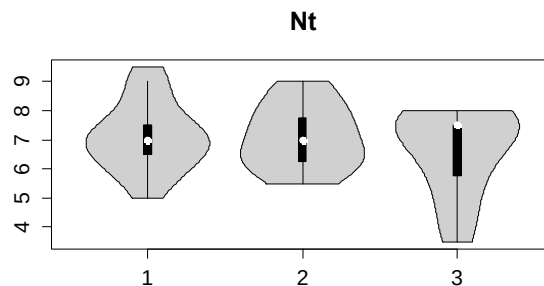


Рис. 6. Синтаксономічні амплітуди за фактором багатства ґрунтів на азот (Nt)

По-перше, чітко видно асиметричність діаграми для синтаксону 3. Більшість його видів є нітрофілами (бал 7 – нітрофіти, бал 9 – еунітрофіти, усього 11 градацій). До речі, види класу *Galio-Urticetea* (*Urtica dioica*, *Geum urbanum*, *Geranium robertianum*) дійсно є вираженими нітрофітами, а саме вони «наскрізні» в угрупованнях міських парків. Розмір цієї «домішки» може слугувати мірою «засміченості» лісопаркової рослинності, і, як бачимо по положенню найбільш розширеної частини діаграм, вона не значно «плаває» і знаходиться в інтервалі 6.5–7.5 Nt. З іншого боку, витягнута у бік значень 4-5 Nt частина діаграми синтаксону 3 зумовлена постійністю (див. табл. 1) суборових *Betula pendula*, *Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt, *Convallaria majalis*, котрі є субанітрофітами.

На рис. 7 показано скрипкові діаграми щодо фактору освітлення.

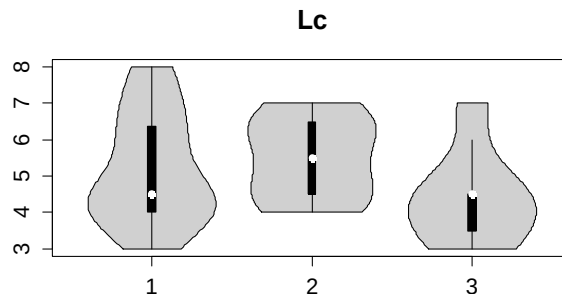


Рис. 7. Синтаксономічні амплітуди по відношенню до фактору освітлення (Lc)

Освітлення – лімітуючий фактор під наметом лісу. Недарма більшість неморальних видів (*Dryopteris filix-mas*, *Lamium galeobdolon*, *Polygonatum multiflorum*) є гемісциофітами. Тому стає зрозумілим, чому, по-перше, фактор Lc виявив кореляцію з віссю непрямої ординації MDS2, по-друге, синтаксономічні амплітуди 2 і 3 чітко розділені (перший синтаксон гемісциофітний (4.5–6.5 Lc у табл. 2), другий – з більшим вмістом сциофітів (3.5–4.5 Lc у табл. 2). Скрипкова діаграма кластеру 1 виразно «втягнута» за рахунок «домішки» субгеліофітів, хоча асиметричність діаграми свідчить про їх «чужинність». Впровадження субгеліофітів, здебільшого лучних та бур'янових – наслідок руйнації вертикальної структури лісопаркових угруповань під антропогенним пресингом, що доводить встановлена кореляція Lc та Hm (див. раніше).

На рис. 8 показано скрипкові діаграми щодо фактору гемеробності.

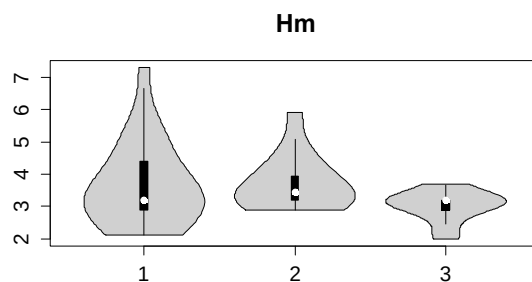


Рис. 8. Синтаксономічні амплітуди по відношенню до фактору гемеробності (Hm)

Ми бачимо, що найменшій трансформації під впливом антропогенного чинника зазнала ценофлора синтаксону 3. Це також повністю підтверджується даними табл. 1: блок видів класу *Robinietaea* (індикатор антропогенного пресингу) у синтаксоні 3 не представлений. Крім того, діагностичні види *var. Paris quadrifolia* (*Actaea spicata* L., *Paris quadrifolia*, *Dryopteris filix-mas*, *Maianthemum bifolium*, *Viola mirabilis*) – це оліго- або агемероби. Саме тому у синтаксоні 3 найвужча амплітуда, найнижче (на вісі ординат значення 3) розташування найширшої частини діаграми та положення медіани (оптимуму). Набагато більш антропогенно трансформованою виглядає ценофлора синтаксону 1, хоча найширша частина його діаграми також відповідає балу 3, але асиметрія в бік еугемеробних видів (6–7 Hm) чітко помітна.

ВИСНОВКИ

Лісова рослинність парків «Нивки» та «Теремки» формувалася на базі лісів порядку *Fagetalia*. Більшість досліджених угруповань зберегли основне ядро неморальних видів, що дозволяє їх ідентифікувати щодо типової асоціації придніпровських лісів *Galeobdolon luteum-Carpinetum betuli*. Диференціація спостерігається лише на рівні варіантів однієї субасоціації *G.-C. impatientosum parviflorae*. Вона відбувається, головним чином, під дією фактора антропогенного пресингу, з яким корелюють фактори гемеробності і освітлення. Найменш порушені ліси відповідають варіанту *var. Paris quadrifolia*, найбільш трансформовані – *var. Galeobdolon luteum*. Антропогенний пресинг, головним чином рекреаційне навантаження, проявляється впровадженням видів класу штучних деревних насаджень – *Robinietaea*. Крім того, у всіх досліджених синтаксонів постійні та рясні види іншого антропогенно обумовленого класу *Galio-Urticetea*. Його види на разі об'єднують три варіанти «під» субасоціацією *G.-C. impatientosum parviflorae*. Фітоіндикаційні розрахунки не виявили достовірних відмінностей між синтаксонами за едафічними факторами, тобто принципових відмінностей едафотопи описаних синтаксонів не мають. Аналіз ценофлор методом R-фітоіндикації показав переважання мезофітів, гемісциофітів, геміевтрофітів та нітрофітів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Didukh, Ya. P., 2011.** The ecological scales of the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Phytosociocenter, Kyiv.
- Frank, D., Klotz, S., 1990.** "Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR", Wiss. Beitr. M.-Lutther-Univ., Halle-Wittenberg P., 41, 1–167.
- Goncharenko, I. V., 2014.** DRSA – novyj metod «sortirujushhej» klasterizacii (na primere fitocenoticheskikh dannyh) [DRSA – a new method of «sorting» clustering (for example phytocenotic data)] // Zhurnal Obshchei Biologii [Journal of General Biology] (in press).
- Goncharenko, I. V., Senchylo, O. O., 2013.** AUTOSPECIES – programa dlja komp'juternogo naboru latyns'kyh nazv vydiv roslyn [Autospecies is a software for computer typing of the latin names of biological species]. Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal [Ukr. Botanical Zh.], 70, 6, 837–839 (in Ukrainian).
- Hahsler, M., Hornik K., Buchta Ch., 2008.** Getting things in order: An introduction to the R package seriation. Journal of Statistical Software, 25/3. URL: <http://www.jstatsoft.org/v25/i03/>.
- Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. M., 1999.** Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist. Kiev.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R. et al., 2010.** Vegan: Community Ecology Package. URL: <http://cran.r-project.org/web/packages/vegan/>
- Shevchyk, V. L., Solomakha, V. A., Voytuk, Yu. O., 1996.** Syntaksonomija roslynosti ta spysok flory Kanivs'kogo pryrodnogo zapovidnyka [The syntaxonomy of vegetation and checklist of the flora of Kaniv Natural Reserve]. Ukr. fitotsen. Col., Ser. B, 1 (4), 5–119 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 15.09.2014

Рекомендує до друку: чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук, проф. О. З. Глухов

ZOOCENOSES AS A COMPONENT OF BIOGEOCENOSIS



G. A. Mustafayeva ✉ Cand. Sci. (Biol.), Sen. Res. Sci.

UDK 595.799

*Institute of Zoology
Azerbaijan National Academy of Sciences,
504 pas, 1128 bl, Abbasov str, Baku, Az1073,
Azerbaijan Republic*

THE STUDY OF OLEANDER SCALE (*ASPIDIOTUS NERII* BCHE) AND THE WAY OF DILUTING ITS ENTOMOPHAGES IN AZERBAIJAN

Abstract. Scales (*Hemiptera, Diaspididae*) are the dangerous crop and park-ornamental plant pests. They reproduce very quickly and cause great harm to plants, sometimes even lead to their complete destruction. Scales suck juices from plants, cause premature drying, dying and falling off leaves, dry branches, deformation of leaves, fruits and shoots, reducing annual growth of plants.

Therefore the fight with these pests is rather topical in the agriculture. In this connection in this work the analysis of bioecological peculiarities of oleander scale on the territory of Azerbaijan, and also the detection of species content of parasites and predators, which regulate their number is conducted.

We will mark that oleander scales in the wild there are the entomophages are vermin and predators that reduce their quantity. For realization of biological fight against people we studied the bioenvironmental features of wreckers, and also educed specific composition of vermin and predators that regulate their quantity. In a biological fight against these wreckers, one of basic questions is study of specific composition of these entomophages.

The faunistic material on entomophages of this pest was collected from different biocenosis; the researched works were conducted in the laboratory and field conditions in Azerbaijan.

The advanced and research studies that we conducted gave an opportunity to educe entomophages oleander scale that inflicts an enormous damage to the agricultural cultures and park-decorative plants. The method of breeding of effective types of entomophages is studied in laboratory terms.

Firstly the biology of oleander scale on Apsheron peninsula and in Guba Khachmazskii area was studied. The results of long-term studies showed that oleander scale, having distributed on Apsheron peninsula, on olive trees gives 3 generations. Only adult female animals and maggots of I and II age spend winter. Awakening of the scales on olives takes place in March-April. In II and III decade of April the male animals begin their flight.

In Guba Khachmazskii area the biology of this scale, dwelling on oleander bush was studied. On this plant the scale gives 3 generations. Young female animals, and also maggots of I and II age winter.

As a result of the works conducted the following entomophages of oleander scale were detected: predator *Rhyzobius lophanthae* Blaisd, *Chilocorus bipustulatus* L., *Chilocorus renupustulatus* L.; parasites: *Aphytis chilensis* Howard, *Aspidiotiphagus citrinus* Graw, *Encarsia aurantii* (Howard).

✉ Tel.: +994-12-055-599-70-76. E-mail: mustafazadeh2006@mail.ru

DOI: 10.15421/031421

The habitat of *Rhyzobius lophanthae* is Australia. At the end of the last century of this predatory beetle left to California, from there left to Italy and in other Mediterranean countries. In 1947 by chance was left to Georgia (Abkhazia). Maybe these useful predators in Azerbaijan were from Georgia.

For diluting the entomophages from the local indigenous fauna the potato tubers were used, on which firstly the oleander scales, and then road-beetles *Rhyzobius lophanthae*, *Chilocorus bipustulatus* reproduced themselves. In the laboratory conditions the methods of diluting of these Coccinellidae was developed.

Thus, firstly the way of diluting parasites of oleander scale was studied and developed – *Aphytis chilensis* Howard, *Aspidiotiphagus citrinus* Graw и *Encarsia antantii* (Howard).

It was detected that predatory entomophage-chilocor in the natural conditions is ineffective, as their maggots and chrysalises are affected by other local parasites. In the laboratory conditions this beetle produce itself very well on the potato tubers, infected by oleander scale.

However, we should note that among entomophage parasites *Aphytis chilensis* plays the huge role in destruction of scales. In dependence on the weather conditions this macrophage in the nature can give 3–4 generations.

Also it was proved that beetle *Rhyzobius lophanthae* in the biological fight can be applied against all round scales. This predator is effective entomophage of oleander, olive scale, black pine-leaf scale, white peach scale, European fruit scale and cactus scale. In connection with this, *Rhyzobius lophanthae* can be applied in the biological fight against oleander scale and presently is irreplaceable and perspective entomophage.

Keywords: scale, generation, entomophages, predators, parasites, biological control, breeding.

УДК 595.799

Г. А. Мустафаева канд. биол. наук, стар. науч. співр.

*Институт зоологии НАН Азербайджану,
504 проезд, 1128 квартал, вул. Аббасова, м. Баку, Az1073, Азербайджан,
тел.: +994-12-055-599-70-76, e-mail: mustafazadeh2006@mail.ru*

ДОСЛІДЖЕННЯ ОЛЕАНДРОВОЇ ЩИРІВКИ (*ASPIDIOTUS NERII* ВСНЕ) ТА СПОСІБ РАЗВЕДЕННЯ ЇЇ ЕНТОМОФАГІВ В АЗЕРБАЙДЖАНІ

Наводяться наукові дані про біоекологічні особливості олеандрової щитівки та ролі місцевих ентомофагів у регуляції чисельності цього шкідника. Виявлено, що хижаки *Rhyzobius lophanthae* Blaisd, *Chilocorus bipustulatus* L., *Chilocorus renipustulatus* L.; паразити: *Aphytis chilensis* Howard, *Aspidiotiphagus citrinus* Graw, *Encarsia aurantii* (Howard) є ентомофагами шкідника. Було розроблено методику розведення зазначених ентомофагів-паразитів і хижаків цього шкідника в лабораторних умовах.

Ключові слова: щитівка, покоління, ентомофаги, хижаки, паразити, біологічна боротьба, розведення.

УДК 595.799

Г. А. Мустафаева канд. биол. наук, стар. науч. сотр.

*Институт зоологии НАН Азербайджана,
504 проезд, 1128 квартал, ул. Аббасова, г. Баку, Az1073, Азербайджан,
тел.: +994-12-055-599-70-76, e-mail: mustafazadeh2006@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЛЕАНДРОВОЙ ЩИТОВКИ (*ASPIDIOTUS NERII* ВСНЕ) И СПОСОБ РАЗВЕДЕНИЯ ЕЕ ЭНТОМОФАГОВ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Приводятся научные данные о биоэкологических особенностях олеандровой щитовки и роли местных энтомофагов в регуляции численности этого вредителя. Хищники *Rhyzobius lophanthae* Blaisd, *Chilocorus bipustulatus* L., *Chilocorus renipustulatus* L.; паразиты: *Aphytis chilensis* Howard, *Aspidiotiphagus citrinus* Graw, *Encarsia aurantii* (Howard) являются энтомофагами вредителя. Была разработана методика разведения вышеуказанных энтомофагов – паразитов и хищников этого вредителя в лабораторных условиях.

Ключевые слова: щитовка, поколение, энтомофаги, хищники, паразиты, биологическая борьба, разведение.

ВВЕДЕНИЕ

Щитовки (*Hemiptera, Diaspididae*) являются опасными вредителями сельскохозяйственных культур и парково-декоративных растений. Размножаясь с большой скоростью, они причиняют существенный вред растениям, иногда приводят даже к их полной гибели. Эти вредители высасывают соки из растения, вызывают преждевременное высыхание, отмирание и опадание листьев, высыхание веток, деформацию листьев, плодов и побегов, уменьшение годового прироста растений. Они сильно ухудшают состояние сельскохозяйственных культур, понижают качество и количество урожая, иногда даже приводят к полной потери последнего. При заражении этим вредителем ухудшается внешний вид декоративных и лесопарковых культур, а при массовом заражении эти растения засыхают. Являясь полифагами и экологически пластичными, а также плодоносными они быстрее распространяются по растениям.

Следует отметить, что у щитовок в природе имеются свои энтомофаги – паразиты и хищники, которые снижают их численность.

Для проведения биологической борьбы со щитовками надо изучить биоэкологические особенности вредителей, а также выявить видовой состав паразитов и хищников, которые регулируют их численность. В биологической борьбе с этими вредителями, один из основных вопросов является изучение видового состава этих энтомофагов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Вредитель собран и обработан по методу А. С. Борхсениуса (Borhsenius, 1950). Фаунистический материал по энтомофагам данного вредителя собран из различных биоценозов по общеизвестной методике (Nikol'skaya and Yasnosh, 1966; Tryapicyn, Shapiro and Schepetil'nikova, 1982). Исследовательские работы проведены в лабораторных и полевых условиях. Определение видов афелинидов проводилось по определителям М. Н. Никольской и В. А. Яснош (Nikol'skaya and Yasnosh, 1966; Yasnosh, 1978).

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведённые научно-исследовательские работы дали возможность выявить энтомофагов олеандровой щитовки, которая наносит огромный ущерб сельскохозяйственным культурам и парково-декоративным растениям. В лабораторных условиях изучен способ разведения эффективных видов энтомофагов.

Олеандровая щитовка распространена по всему миру. Является полифагом тропического происхождения. По литературным данным известно, что она заражает около 89 видов растений и деревьев, распространяясь на стволах, ветках, плодах (Bazarov and Shmelev, 1971). Олеандровая щитовка в Азербайджане вредит следующим растениям: пальмовым, оливкам, юкке, аспарагусу, легиструме, лавру, акациям, олеандру и многим другим сельскохозяйственным, декоративным культурам. В Ленкорань-Лерикской зоне Азербайджана наносит огромный ущерб субтропическим культурам. Из литературных источников известно, что в Азербайджане в Ленкоранской зоне щитовки изучали А. А. Имамкулиев, Г. А. Мустафаева (Imamkuliev, 1966; Mustafaeva, 1996).

Нами впервые изучена биология этого вредителя на Апшероне и в Куба-Хачмазской зоне. Результаты многолетних исследований показали, что олеандровая щитовка, распространяясь на Апшероне, на оливковых деревьях даёт 3 поколения. Зимуют только взрослые самки, а также личинки I и II возраста. Пробуждение щитовок на маслинах происходит в марте–апреле месяце. Во II и III декаде апреля самцы начинают свой вылет. У них хорошо развиты крылья, копулятивный аппарат очень длинный и он хорошо виден. После спаривания самцы погибают. У них отсутствует ротовой аппарат и поэтому через 1–2 дня они гибнут. Через 12–15 дней появляются первые яйцекладущие самки. Эмбриональное развитие у яиц

олеандровой щитовки короткое (2–3 дня). В начале мая личинки выходят из яиц. Массовое вылупливание личинок происходит во II и III декаде мая. Личинки-«бродяжки» активно двигаются, имеют конечности и усы. После коротко-срочной активности личинки щитовок прикрепляются к молодым побегам и листьям деревьев. Из выделенной слюны личинок образуются восковые нити, которые превращаются в щиток, покрывают их первоначальным щитком. Во II декаде июня личинки 1-го возраста превращаются в личинок 2-го возраста. В этом периоде самки и самцы друг от друга отличаются. Самцы имеют удлинённую форму и покрыты красными пятнами. Самки бывают желтоватыми. Во II и III декаде июня самцы начинают вылет. Для развития первого поколения олеандровой щитовки требуется 50–55 дней. В I и II декаде июля самки II поколения откладывают яйца. Впоследствии этого появляются личинки. Полное развитие II поколения требует 50–55 дней. Вылет самцов начинается во II и III декаде августа. Откладка яиц и выход личинок третьего поколения начинается во II и III декаде сентября. В I и II декаде октября личинки I возраста переходят во II возраст.

В Куба-Хачмазской зоне изучена биология данной щитовки, обитающей на олеандровом кусте. На данном растении щитовка даёт 3 поколения. Молодые самки, а также личинки I и II возраста зимуют.

В результате проведённых работ выявлены следующие энтомофаги олеандровой щитовки: хищники *Rhyzobius lophanthae* Blaisd, *Chilocorus bipustulatus* L., *Chilocorus renipustulatus* L.; паразиты: *Aphytis chilensis* Howard, *Aspidiotiphagus citrinus* Graw, *Encarsia aurantii* (Howard).

Rhizobius lophanthae путём есесиза попал в Азербайджан, проник сам каким-то способом. Данный вид, являясь эффективным энтомофагом, относится к семейству Coleoptera, Coccinellidae. Родиной этого хищного жука является Австралия. В конце прошлого века привезён в Калифорнию, оттуда – в Италию и другие Средиземноморские страны. Они были завезены для применения в биологическом методе борьбы против щитовок. Случайно в 1947 году были завезены в Грузию-Абхазию, на тутовой щитовке обнаружены 2 куколки кокцинелид (♀ и ♂). Эти особи кокцинелид размножились и были применены в биологической борьбе со щитовками. Этот энтомофаг был использован грузинскими энтомологами в биологической борьбе против диаспиновых щитовок. Несмотря на то, что эти кокцинелиды в некоторых районах Грузии адаптировались к местному климату и зимовали успешно, они применялись в биологической борьбе против щитовок только путем сезонной колонизации (Gaprindashvili, 1954). Вероятно, эти полезные хищники в Азербайджан попали из Грузии.

Впервые для изучения биоэкологических особенностей вредителя, а также для изучения и разведения местных энтомофагов, клубни картофеля заражались олеандровой щитовкой (рис. 1, 2).



Рис. 1. Олеандровая щитовка *Aspidiotus nerii* Bche, разведенная на картофельных клубнях

В лабораторных условиях хищники – кокцинеллиды быстро размножаются. Самки, вылупляясь из куколок, через 7–8 дней оплодотворяются. *Rhyzobius lophanthae* грызёт щитовку, а под пустой щитовкой откладывает свои яйца (рис. 3, 4). Обычно яйца бывают по одной штуке, в редких случаях встречаются массово (Imamkuliev, 1966; Yasnosh, 1978).



Рис. 2. Яйцекладка олеандровой щитовки на картофельных клубнях

При температуре 25 °С (влажность 50–60 %) через 9–10 дней из яиц выходят личинки кокцинеллид. Личинки жуков уничтожают взрослых особей, а также личинки I и II возраста вредителя. У *Rhyzobius lophanthae* в течение 10–13 заканчивается личиночный период, из них в течение 6–8 дней развиваются личинки I и II возраста, в течение 4–5 дней – личинки III возраста. Перед окукливанием личинки не питаются и бывают без движения. Через 3–4 дня личинки превращаются в куколок. После 6–7 дней развития из куколок выходят взрослые особи. В течение дня взрослая особь хищника уничтожает 20–25 особей олеандровой щитовки. *Rhyzobius lophanthae* заканчивает своё развитие в течение 30–34 дней.



Рис. 3. Взрослые особи *Rhyzobius lophanthae* Blaisd. на олеандровой щитовке, разведенной на картофельных клубнях

При температуре 30 °С (влажность 50–60 %) срок развития жуков – 24–26 дней. При такой же температуре яйца развиваются в течение 7–8 дней, в течение 2–3 дней развиваются личинки I возраста, в течение 2–3 дней развиваются личинки II возраста, в течение 3–4 дней – личинки III возраста. Предкуколичное развитие происходит в течение 3–4 дней, а куколка вылупляется через 4–5 дней. Следует отметить, что жук *Rhyzobius lophanthae* в биологической борьбе может применяться против всех круглых щитовок. Этот хищник является эффективным энтомофагом олеандровой,

фиолетовой, калифорнийской, тутовой, ложнокалифорнийской, кактусовой щитовок. Диапаузы у данного жука-хищника не бывает, в очень короткое время он даёт потомство, очень плодовитый; среди насекомых местной фауны не имеет энтомофагов (только особи одного вида клеща пожирают его яйца). Хорошо переносит низкий температурный режим.



Рис. 4. Личинки *Rhyzobius lophanthae* Blaisd. на олеандровой щитовке, разведенной на картофельных клубнях

Учитывая выше изложенное, данный хищник может применяться в биологической борьбе против олеандровой щитовки. В настоящее время является незаменимым и перспективным энтомофагом.

Chilocorus bipustulatus питается различными видами щитовок, уничтожая их личинок и взрослых особей. Сюда относится олеандровая, тутовая, фиолетовая, калифорнийская, ложнокалифорнийская щитовки (рис. 5). Яйца у этого кокцинелида бывают оранжевого цвета, жук откладывает их по отдельности, иногда по 2–3 штуки.

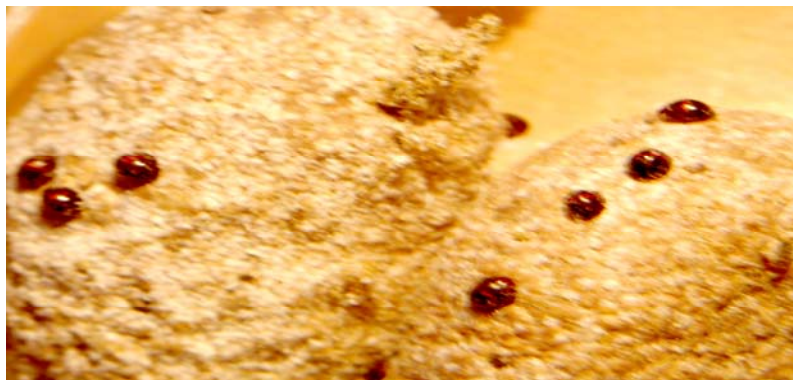


Рис. 5. Размножения *Chilocorus bipustulatus* L. на олеандровой щитовке

У кокцинелида *Chilocorus bipustulatus* эмбриональное развитие яйца происходит в течение 8–10 дней. Личинки божьих коровок питаются взрослыми самками и личинками I–II возраста щитовок. Личинки энтомофага, развиваясь в течение 3–4 дней, линяют. Личинки переходят во II возраст. Личинки желтоватые и очень крупные. Примерно через 3–4 дня они линяют заново. В течение 6–8 дней личинки переходят в предкуколичное состояние, а через 2–3 дня образуются куколки. Затем, в течение 6–8 дней выходят взрослые, вполне развитые особи энтомофага. Жуки-хилокори за всю свою жизнь уничтожают 300–350 штук особей щитовок. В течение 12–14 дней, личинки линяют 3 раза. Переходя в состояние

неподвижности, они прикрепляются к месту обитания. Взрослые особи после 10–15 дневного развития откладывают яйца. В вегетационный период, они развиваются в 3-х поколениях. В течение дня личинки второго возраста уничтожают 14–18 особей щитовок, а личинки третьего возраста уничтожают 22–24 особей щитовок. Один взрослый хищный жук в течение дня пожирает 25–30 особей щитовок.

Хищный энтомофаг – хилокор в природных условиях малоэффективен, так как их личинки и куколки поражаются другими местными паразитами. В лабораторных условиях данный жук очень хорошо размножается на клубнях картофеля, заражённого олеандровой щитовкой.

Следует отметить, что среди паразитов-энтомофагов *Aphytis chilensis* играет огромную роль в уничтожении щитовок. Зимуют взрослые личинки и куколки паразита, являющиеся двуполыми, летают самки и самцы. Являются эктопаразитами молодых и взрослых самок щитовок, а также личинок щитовок I и II возраста. Зимой в условиях лаборатории взрослые особи паразита при температуре 18–20 °С выходят через 12–24 дня. В природных условиях зимующие паразиты начинают свой вылет во II и III декаде мая (в 2010–2011 году – во II декаде, а в 2013 году – в III декаде мая). Интенсивный вылет паразитов продолжается 20–23 дня. Первое поколение вылета паразитов отмечается в III декаде июня и I декаде июля. Для развития I поколения требуется 35–38 дней. В I и II декаде августа вылетают особи II поколения, а III поколение начинает свой вылет во II и III декаде сентября. В зависимости от погодных условий *Aphytis chilensis* в природе может дать 3–4 поколения.

Заражение олеандровой щитовки этим паразитом на различных растениях различается. Результаты проведённых исследований показали, что этот паразит на оливковых деревьях в 2010 году заражал от 14,7 % до 32 % щитовок, а на олеандровых деревьях – от 14,8 % до 38 %. В 2013 году эти показатели были такими: на оливковых деревьях заражали от 17 % до 47,2 %, а на олеандре – от 24 % до 52,5 %.

В лабораторных условиях при температуре 25 °С (влажность 60–65 %) яйца паразита развиваются в течение 8–10 дней. Личинки данного паразита в течение 18–20 дней превращаются в куколки. Куколка на щитовке бывает в дорзевентральном положении. Через 6–8 дней куколки превращаются во взрослые особи. Развитие одного поколения этого паразита охватывает 32–35 дней.

Паразиты – *Aspidiotiphagus citrinus* и *Encarsia aurantii* малочисленные. *Aspidiotiphagus citrinus* зимует в стадии личинок. Зимующие особи вылетают в III декаде мая. *Aspidiotiphagus citrinus* при температуре 25 °С (влажность 60–65 %) развивается в течение 27–30 дней. В течение этого времени паразит окукливается и поэтому заражённые щитовки темнеют. За вегетационный период развивается в 4–5 поколениях. *Encarsia aurantii* является внутренним паразитом, малочислен, в уничтожении олеандровой щитовки его роль незначительна (рис. 6). Эти паразиты в условиях лаборатории хорошо размножаются.



Рис. 6. Паразит олеандровой щитовки *Encarsia aurantii*

ВЫВОДЫ

1. На Апшероне, а также в Куба-Хачмазской зоне изучены биоэкологические особенности олеандровой щитовки, которые вредят сельскохозяйственным культурам и парково-декоративным растениям. На Апшеронском полуострове вредитель на оливковых деревьях (на маслине) развивается в 3-х поколениях. Зимуют взрослые самки, а также личинки I и II возраста вредителя. Изучение вредителя в Куба-Хачмазской зоне показало, что олеандровая щитовка на олеандре развивается в 3 поколениях.

2. Проведены исследования по выявлению энтомофагов этого вредителя в Азербайджане. Из них жуки-хищники *Rhyzobius lophanthae* Blaisd, *Chilocorus bipustulatus* L. и паразиты *Aphytis chilensis* Howard, *Aspidiotiphagus citrinus* Graw являются эффективными в уничтожении данной щитовки.

3. Для изучения в лабораторных условиях биоэкологических особенностей олеандровой щитовки, а также для разведения энтомофагов из местной аборигенной фауны, нами использовались клубни картофеля. На них размножались олеандровые щитовки, а затем – жуки-хищники *Rhyzobius lophanthae*, *Chilocorus bipustulatus*. В лабораторных условиях разработана методика разведения этих кокцинеллид.

4. Впервые изучены и разработаны нами способы разведения паразитов этого вредителя – *Aphytis chilensis* Howard, *Aspidiotiphagus citrinus* Graw и *Encarsia antantii* (Howard).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Bazarov, B., Shmelev, G. P., 1971. Schitovki Tadzjikistana i sopredel'nyh rajonov Srednej Azii [Scales of Tajikistan and contiguous area of Central Asia]. Donish, Dushanbe (in Tajikistan).

Borhsenius, N. S., 1950. Chervecy i schitovki SSSR [Scale insects of USSR]. Publisher Academy of Sciences of USSR, Moscow – Leningrad (in Russian).

Gaprindashvili, N. K., 1954. K voprosu o zimovke zavezennyh v Gruziyu `entomofagov [Issue of entomophages' wintering brought to Georgia]. Trudy In-ta zaschity rastenij AN Gruz SSR. 119–131 (in Georgia).

Imamkuliev, A. G., 1966. Chervecy i schitovki (Homoptera, Coccoidea) vrediteli plodovyh i subtropicheskikh kul'tur Lenkoranskoj zony Azerbajdzhana [Scale insects (Homoptera, Coccoidea), and pests of fruit and subtropical cultures of Lenkoran area of Azerbaijan]. Azerbaijan SSR Academy of Sciences, Baku (in Azerbaijan).

Mustafaeva, G. A., 1996. Oleandrovaya schitovka i ee `entomofagi na Apsherone, biologicheskaya bor'ba protiv nego [Oleander scale and its entomophages on Absheron, and biological fight with it]. Izvestiya Akademii nauk Azerbajdzhana. Seriya biolog. nauk. 1–6, 30–32 (in Azerbaijan).

Nikol'skaya, M. N., Yasnosh, V. A., 1966. Afelinidy Evropejskoj chasti SSSR i Kavkaza [Scale parasites of the European part of USSR and Caucasus]. Nauka, Moscow – Leningrad (in Russian).

Tryapicyn, V. A., Shapiro, V. A., Schepetil'nikova, V. A., 1982. Parazity i hischniki vreditel'j s.-h. kul'tur [crops parasites and pests]. Kolos, Leningrad (in Russian).

Yasnosh, V. A., 1978. Opredelitel' nasekomyh evropejskoj chasti SSSR [Keys to the insects of the European part of the USSR]. Nauka, Leningrad. 3, 469–500 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 09.07.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. О. М. Сумароков

ZOOCENOSSES AS A COMPONENT OF BIOGEOCENOSIS



S. L. Grabovska^{1,2} 

L. O. Kolodochka¹ Dr. Sci. (Biol.)

UDK 595.422(477.52)

¹ Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University,
Sadova str., 2, 20300, Uman, Cherkassy region, Ukraine

² I. I. Schmalhausen Institute of Zoology of National
Academy of Sciences of Ukraine,
B. Khmelnytskyi str., 15, 01601, Kyiv, Ukraine

MITES OF THE FAMILY PHYTOSEIIDAE (PARASITIFORMES, MESOSTIGMATA) AT THE PLANTS IN BROVARY TOWN

Abstract. This article deals with the results of study of species content and basic peculiarities of beaked mites-Phytoseiidae in plant associations of one of the regional centers of Ukraine.

The species composition and distribution of mites-Phytoseiidae (Parasitiformes, Phytoseiidae) in plantations of Brovary town of Kyiv region were determined. Fourteen species of 8 genera of phytoseiid mites were found. Index of their existing and relative biotope connection of each registered species to vegetation types and plant species were computed.

The study was conducted according to the results of material treatment on the territory of the mentioned city from 25 species of plants (16 species of hardy-shrub and 9 of herbaceous vegetations). The studies of distribution of plant-living mites-Phytoseiidae were conducted separately for hardy-shrub and herbaceous plants).

The collection of faunistic material was executed during the vegetation of periods of 2011 and 2013. Within the city the collection of the material was conducted with hardy-shrub plants and herbaceous type of vegetation along the streets, in parks and squares of Brovary city of Kyiv region, district center, one of the satellite-cities of Kiev, the capital of Ukraine.

The study of species complexes characteristics of mites was conducted with usage of data calculated on the basis of frequency index (I_s), degree of relative habitat confinedness (F) (Pesenko, 1982) and domination index Paliy-Kovnatski (D_i) (Shitikov, 2003).

Only on one species of plant ($F=1$) 6 species of mites-Phytoseiidae were found – *T. cotoneastri* on blue spruce, *T. laurae* – on common spruce, *T. aceri* – on ash-leaved maple, *P. incognitus* – on dog-rose, *P. soleiger* – on mulberry-tree, *A. caudiglans* – on sea-buckthorn. These species can be related to stenoeccic. The mentioned species are stenotopic only in relation to the sample of plants from the plant associations of Brovary, as in other regions these species of mites can populate the other species of plants.

The rest 8 species, being registered on two or more types of plants, are related to euryoeccic. Among them there is a group of 6 species with “positive tendencies to population of plants”, owning the indicators of habitat confinedness $0 < F < 1$: *A. andersoni* (0,92–0,96), *A. rademacheri* (0,85–0,96), *N. herbarius* (0,92–0,96), *T. tiliarum* (0,66–0,77), *A. pirianyae* (0,73–0,99), *A. clavata* (0,82–0,98). The rest species, *E. finlandicus* и *K. aberrans*, have the expanded range of indicators in relation to habitat confinedness

 Tel.: +38096-839-12-33. E-mail: grabovskaya-s@mail.ru

DOI: 10.15421/031422

($-0,71 < F < 0,55$ и $-0,16 < F < 0,88$), that specifies on their ability to populate the big quality of species. *E. finlandicus* has the negative indicator of relative habitat confinedness in relation to the plants of herbaceous morphotype that serves confirmation of the ecological peculiarity of the species detected earlier.

The data of relative habitat confinedness of mites to certain species of plants shows availability of stenoecic (*T. cotoneastri*, *T. laurae*, *T. aceri*, *P. incognitus*, *P. soleiger*, *A. caudiglans*) and euryoecic species (*A. andersoni*, *A. rademacheri*, *N. herbarius*, *E. finlandicus*, *K. aberrans*, *T. tiliarum*, *A. pirianykyae*, *A. clavata*).

Key words: predatory mites, Phytoseiidae, Brovary, Ukraine.

УДК 595.422(477.52)

С. Л. Грабовська^{1,2}

Л. О. Колодочка² д-р біол. наук

¹Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини,
вул. Садова, 2, 203000, м. Умань, Черкаська обл., Україна

²Інститут зоології НАН України ім. І. І. Шмальгаузена,
вул. Богдана Хмельницького, 15, 01601, м. Київ, Україна,
тел.: +38096-839-12-33, e-mail: grabovskaya-s@mail.ru

КЛІЩІ РОДИНИ PHYTOSEIIDAE (PARASITIFORMES, MESOSTIGMATA) НА РОСЛИНАХ м. БРОВАРИ

Встановлено видовий склад і розподіл кліщів-фітосейд (Parasitiformes, Phytoseiidae) в рослинних асоціаціях міста Бровари Київської області. Виявлено 14 видів 8 родів кліщів родини, розраховані індекс трапляння і відносна біотопічна приуроченість кожного зареєстрованого виду до типу рослинності та видів рослин. Отримані значення свідчать про наявність стеноойкних (*T. cotoneastri*, *T. laurae*, *T. aceri*, *P. incognitus*, *P. soleiger*, *A. caudiglans*) й евриойкних (*A. andersoni*, *A. rademacheri*, *N. herbarius*, *E. finlandicus*, *K. aberrans*, *T. tiliarum*, *A. pirianykyae*, *A. clavata*) видів.

Ключові слова: хижі кліщі, Phytoseiidae, Бровари, Україна.

УДК 595.422(477.52)

С. Л. Грабовская^{1,2}

Л. А. Колодочка² д-р биол. наук

¹Уманский государственный педагогический университет им. Павла Тычины,
ул. Садовая, 2, 203000, г. Умань, Черкасская обл., Украина

²Институт зоологии НАН Украины им. И. И. Шмальгаузена,
ул. Богдана Хмельницкого, 15, 01601, г. Киев, Украина,
тел.: +38096-839-12-33, e-mail: grabovskaya-s@mail.ru

КЛЕЩИ СЕМЕЙСТВА PHYTOSEIIDAE (PARASITIFORMES, MESOSTIGMATA) НА РАСТЕНИЯХ г. БРОВАРЫ

Установлены видовой состав и распределение клещей-фитосейд (Parasitiformes, Phytoseiidae) в растительных ассоциациях города Бровары Киевской области. Выведено 14 видов 8 родов клещей семейства, рассчитаны индекс встречаемости и относительная биотопическая приуроченность каждого зарегистрированного вида к типам растительности и видам растений. Полученные значения показывают наличие стеноойкных (*T. cotoneastri*, *T. laurae*, *T. aceri*, *P. incognitus*, *P. soleiger*, *A. caudiglans*) и эвриойкных (*A. andersoni*, *A. rademacheri*, *N. herbarius*, *E. finlandicus*, *K. aberrans*, *T. tiliarum*, *A. pirianykyae*, *A. clavata*) видов.

Ключевые слова: хищные клещи, Phytoseiidae, Бровары, Украина.

ВВЕДЕНИЕ

Степень защищенности растений от растительноядных клещей во многом определяется видовым разнообразием обитающих на них хищных клещей-фитосейд (Parasitiformes, Phytoseiidae), которых небезосновательно относят к эффективным

природным регуляторам численности этих вредителей и одним из факторов, влияющих на сохранение устойчивого функционирования и долголетия растительных ассоциаций в населенных пунктах, особенно в крупных городах, где давление антропогенных факторов на городскую биоту особенно ощутимо.

Первые сведения о фитосейидах Украины, в которых также отмечалось значение хищных клещей в ограничении размножения паутиных клещей в садах, имеются в публикациях Н. П. Дядечко (Dyadechko, 1954).

При всей важности этой группы членистоногих роль клещей семейства Phytoseiidae в растительных ассоциациях населенных пунктов, в том числе в Украине, изучена пока недостаточно. В настоящей статье приведены результаты исследования видового состава и основных экологических особенностей хищных клещей-фитосейид в растительных ассоциациях одного из районных центров Украины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сборы фаунистического материала осуществлялся на протяжении вегетационных периодов 2011 и 2013 гг. В пределах города сбор материала проводили с растений древесно-кустарникового и травянистого типа растительности, вдоль улиц, в парках и скверах г. Бровары Киевской области, районного центра, одного из городов-спутников столицы Украины г. Киева.

Для сбора фаунистического материала клещей отряхивали с ветвей деревьев, кустарников и трав на черную бумагу (Kuznetsov, 1984) либо отыскивали их непосредственно на листьях под бинокулярным микроскопом, собирая клещей с помощью препаровальной иглы и помещая в фиксирующую жидкость, в качестве которой использовали 70%-ный раствор этанола в воде. При камеральной обработке монтировали микропрепараты по традиционной методике, заключая клещей в жидкость Хойера (Kolodochka, 2011). Установление видовой принадлежности растений было проведено с использованием определителя растений (Dobrochaeva, 1987).

Исследование характеристик видовых комплексов клещей было проведено с использованием рассчитанных на основе полученных данных индекса встречаемости (I_s), степени относительной биотопической приуроченности (F) (Pesenko, 1982) и индекса доминирования Палия-Ковнацки (D_i) (Shitikov, 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате обработки собранных материалов на территории города Бровары Киевской области на 25 видах растений (16 видов древесно-кустарниковой и 9 – травянистой растительности) обнаружено 14 видов 8 родов клещей семейства Phytoseiidae.

1. *Amblyseius andersoni* Chant, 1957 выявлен на шиповнике собачьем (*Rosa canina* L.) и смородине черной (*Ribes nigrum* L.).

2. *A. rademacheri* Dosse, 1958 зарегистрирован на крапиве двудомной (*Urtica dioica* L.) и пырее ползучем (*Elitrigia repens* L.).

3. *Neseiulus herbarius* Wainstein, 1960 обнаружен на щавеле конском (*Rumex confertus* Willd), подорожнике ланцетолистом (*Plantago lanceolata* L.) и крапиве двудомной.

4. *Euseius finlandicus* Oudemans, 1915 обитает на алыче (*Prunus divaricata* Ledeb), боярышнике кроваво-красном (*Crataegus sanguinea* Pall), каштане конском (*Aeculus hippocastanum* L.), клене остролистом (*Acer platanoides* L.), клене сахарном (*A. saccharinum* L.), клене татарском (*A. tataricum* L.), клене ясенелистом (*A. negundo* L.), крапиве двудомной, липе сердцелистой (*Tilia cordata* Mill), щетиннике сизом (*Setaria glauca* L. Beauv), полыни понтийской (*Artemisia pontica* L.), пырее ползучем, шелковице черной (*Morus nigra* L.), яблоне (*Mallus domestica* Borkh.), ясене американском (*Fraxinus americana* L.).

5. *Kampimodromus aberrans* Oudemans, 1930 встречен на липе сердцелистой, смородине черной, яблоне.

6. *Typhlodromus cotoneastri* Wainstein, 1961 найден на ели колючей (*Picea pungens* Engelm).

7. *T. laurae* Arutunjan, 1974 отмечен на ели европейской (*P. abies* L.)

8. *Typhloctonus aceri* Collyer, 1957 выявлен на клене ясенелистом.

9. *T. tiliarum* Oudemans, 1930 зарегистрирован на липе сердцелистой и яблоне.

10. *Paraseiulus incognitus* Wainstein et Arutunjan, 1967 выявлен на шиповнике собачьем.

11. *P. soleiger* Ribaga, 1902 найден на шелковице черной.

12. *Amblydromella* (*s.str.*) *caudiglans* Scheuten, 1959 обитает на облепихе крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.).

13. *A. (s.str.) pirianycae* Wainstein, 1972 обнаружен на ромашке продырявленной (*Matricaria perforata* Meral), полыни и лопухе большом (*Arctium lappa* L.).

14. *A. (Aphanoseius) clavata* Wainstein, 1972 выявлен на спирее Вангутта (*Spiraea x vanhoutti* Briot) и шиповнике.

Установлено, что в структуре видовых комплексов фитосейид, имеющих в растительных ассоциациях города Бровары, присутствует один вид-доминант *E. finlandicus* (индекс доминирования D_i равен 33,90), один вид-субдоминант *K. aberrans* ($D_i=5,30$), и два вида-субдоминанта первого порядка *A. andersoni* и *A. pirianycae* ($D_i=0,15$ и $0,19$ соответственно). Остальные виды имели индекс доминирования меньше чем 0,1 и отнесены к разряду второстепенных членов сообщества.

Для обнаруженных видов семейства Phytoseiidae определены числовые значения встречаемости в растительных ассоциациях. Чаще всех встречался *E. finlandicus* (индекс встречаемости $I_s=61,11\%$), который заселяет 64 % из обследованных видов растений. Индексы встречаемости остальных видов представлены на рис. 1.

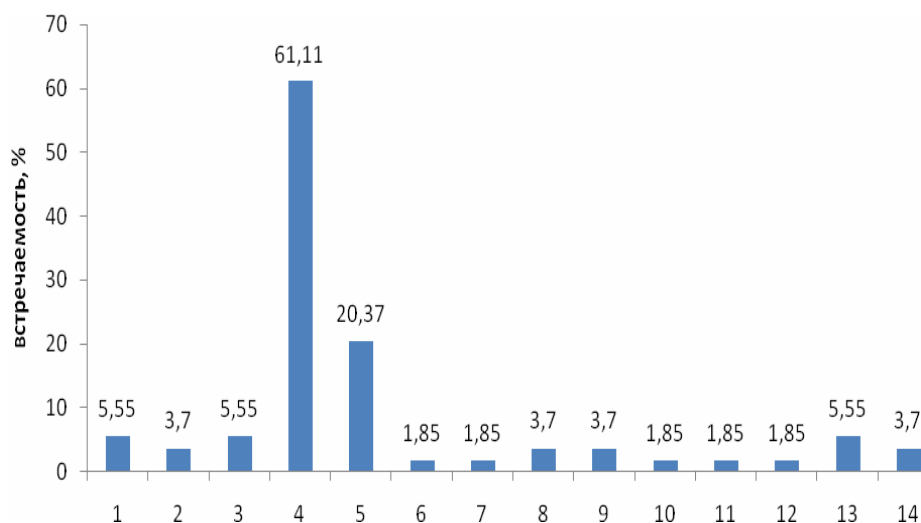


Рис. 1. Встречаемость клещей-фитосейид на растениях г. Бровары:

1 – *A. andersoni*; 2 – *A. rademacheri*; 3 – *N. herbarius*; 4 – *E. finlandicus*; 5 – *K. aberrans*;
6 – *T. cotoneastri*; 7 – *T. laurae*; 8 – *T. aceri*; 9 – *T. tiliarum*; 10 – *P. incognitus*; 11 – *P. soleiger*;
12 – *A. caudiglans*; 13 – *A. pirianycae*; 14 – *A. clavata*

Исследования распределения растениеобитающих клещей-фитосейид были проведены отдельно для древесно-кустарниковых и травянистых растений. Установлено, что на травянистых растениях обитает 4 вида клещей. На древесно-

кустарниковых растениях выявлено 11 видов клещей-фитосейид – *A. andersoni*, *E. finlandicus*, *K. aberrans*, *T. cotoneastri*, *T. laurae*, *T. aceri*, *T. tiliarum*, *P. incognitus*, *P. soleiger*, *A. caudiglans*, *A. clavata*, из которых 2 вида, *T. cotoneastri* и *T. laurae*, были найдены на хвойных растениях. Только на растениях травянистого типа найдено 3 вида этих хищных клещей, а именно, *A. rademacheri*, *N. herbarius* и *A. pirianycae*. Вид *E. finlandicus*, который в ряде случаев был обнаружен на травах, все же отдает предпочтение обитанию на древесно-кустарниковых растениях, где нередко оказывается численно доминирующим на растениях-хозяевах.

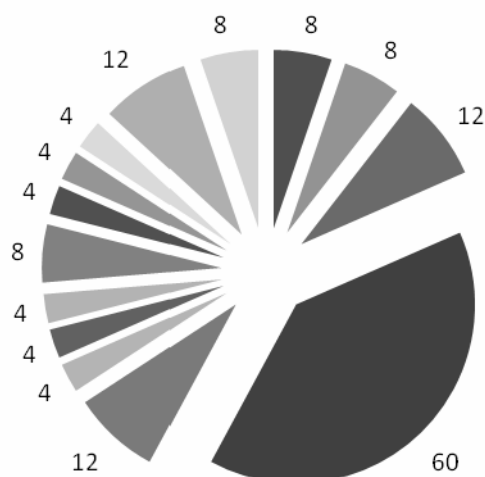


Рис. 2. Процент заселенности клещами-фитосейидами видов растений г. Бровары:

1 – *A. andersoni* (8 %); 2 – *A. rademacheri* (8 %); 3 – *N. herbarius* (12 %);
4 – *E. finlandicus* (60 %); 5 – *K. aberrans* (12 %); 6 – *T. cotoneastri* (4 %); 7 – *T. laurae* (4 %);
8 – *T. aceri* (4 %); 9 – *T. tiliarum* (8 %); 10 – *P. incognitus* (4 %); 11 – *P. soleiger* (4 %);
12 – *A. caudiglans* (4 %); 13 – *A. pirianycae* (12 %); 14 – *A. clavata* (8 %)

Неравномерное заселение клещами семейства Phytoseiidae растений, которое было замечено и ранее (Kolodochka, 2011), установлено и в пределах исследуемой выборки. Это наглядно проявляется в значениях относительной биотопической приуроченности фитосейид к видам растений-хозяев.

Только на одном виде растений ($F=1$) были найдены 6 видов клещей-фитосейид: *T. cotoneastri* – на ели колючей, *T. laurae* – на ели европейской, *T. aceri* – на клене ясенелистом, *P. incognitus* – на шиповнике, *P. soleiger* – на шелковице, *A. caudiglans* – на облепихе. Эти виды могут быть отнесены к стеноойкным. Однако следует отметить, что названные виды стеноотопны лишь относительно выборки растений из растительных ассоциаций г. Бровары, так как в других регионах эти виды клещей могут заселять и другие виды растений (Kolodochka, 1978).

Остальные 8 видов, будучи зарегистрированными на двух и более видах растений, отнесены к эвриойкным. Среди них есть группа из 6 видов «с положительной тенденцией к заселению растений», обладающих показателем биотопической приуроченности $0 < F < 1$: *A. andersoni* (0,92–0,96), *A. rademacheri* (0,85–0,96), *N. herbarius* (0,92–0,96), *T. tiliarum* (0,66–0,77), *A. pirianycae* (0,73–0,99), *A. clavata* (0,82–0,98). Оставшиеся виды, *E. finlandicus* и *K. aberrans*, имеют расширенный диапазон показателя относительной биотопической приуроченности ($-0,71 < F < 0,55$ и $-0,16 < F < 0,88$), что указывает на их способность заселять большое количество видов растений (например, для первого вида см. рис 2).

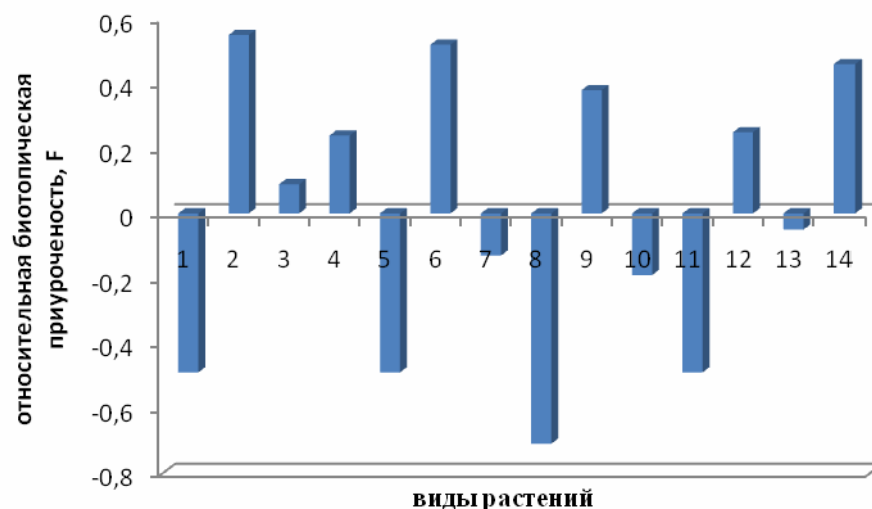


Рис. 3. Относительная биотопическая приуроченность (F) вида *E. finlandicus* к видам растений города Бровары:

1 – алыча; 2 – боярышник; 3 – каштан конский; 4 – клен остролистный; 5 – клен сахарный; 6 – клен татарский; 7 – клен ясенелистный; 8 – крапива двудомная; 9 – липа сердцелистная; 10 – щетинник сизый; 11 – пырей ползучий; 12 – шелковица черная; 13 – яблоня; 14 – ясень американский

Как следует из рис. 3, *E. finlandicus* имеет отрицательный показатель относительной биотопической приуроченности в отношении растений травянистого морфотипа, что служит подтверждением выявленной ранее такой экологической особенности вида (Kolodochka, 1978).

ВЫВОДЫ

В результате проведенных обследований растительных насаждений г. Бровары выявлен комплекс хищных клещей, который насчитывает 14 видов 8 родов семейства Phytoseiidae.

Установлено наличие в видовых комплексах растительных ассоциаций г. Бровары одного вида-доминанта *E. finlandicus*, одного вида-субдоминанта *K. aberrans* и двух видов-субдоминантов первого порядка *A. andersoni* и *A. pirianykae*, остальные виды фитосейид носят статус второстепенных членов сообщества.

Полученные значения относительной биотопической приуроченности видов клещей к определенным видам растений показывают наличие стеноойкных (*T. cotoneastri*, *T. laurae*, *T. aceri*, *P. incognitus*, *P. soleiger*, *A. caudiglans*) и эвриойкных (*A. andersoni*, *A. rademacheri*, *N. herbarius*, *E. finlandicus*, *K. aberrans*, *T. tiliarum*, *A. pirianykae*, *A. clavata*) видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Arutyunyan, E. S., 1977. Opredelitel' ftiosejidnyh kleschej sel's'kohozyajstvennyh kul'tur Armyanskoj SSR [Determinant of mites-Phytoseiidae agricultural cultures of Armenian SSR]. AN Armyanskoj SSR, Erevan (in Armenia).
- Dyadechko, N. P., 1954. Znachenie hischnikov v ogranichenii razmnozheniya pautinnyh kleshikov v usloviyah USSR [Meaning of predators in reproductive limitation of red-spider mites in the condition of USSR]. Nauchnye trudy Instituta `entomologii i fitopatologii. 136–142 (in Russian).
- Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, Yu. N., 1987. Opredelitel' vysshih rastenij Ukrainy [Determinant of higher plants of Ukraine]. Naukova dumka, Kiev (in Ukraine).

Kolodochka, L. A., 1978. Rukovodstvo po opredeleniyu rastenieobitayuschih kleschej-fitosejid [Guidance on determination plant-living mites-Phytoseiidae]. Naukova dumka, Kiev (in Ukraine).

Kolodochka, L. A., Omeri, I. D., 2011. Hishnye kleschi semejstva Phytoseiidae (Parasitiformes, Mesostigmata) dendrologicheskikh parkov i botanicheskikh sadov Lesostepi Ukrainy [Beaked mites of Phytoseiidae (Parasitiformes, Mesostigmata) family of dendrological parks and botanic garden of forest-steppe of Ukraine]. Institut zoologii imeni I. Shmal'gauzena, Kiev (in Ukraine).

Kuznetsov, N. N., Petrov, V. M., 1984. Hishnye kleschi Pribaltiki [Beaked mites of Baltics]. Zinatne, Riga (in Latvia).

Pesenko, Yu. A., 1982. Principy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyah [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies]. Nauka, Moskva (in Russian).

Shitikov, V. K., Rozenberg, G. S., Zinchenko, T. D., 2003. Kolichestvennaya gidro`ekologiya: metody sistemnoj identifikacii [Quantitative hydro-ecology: methods of system identification]. I`EVb RAN, Tol'yatti (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 23.06.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. О. М. Сумароков

ECOLOGICAL SOIL SCIENCE



Ye. O. Tagunova 

UDK 577.486:634.9

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave, 72, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

PECULIARITIES OF MANGANESE AND LEAD DISTRIBUTION IN SOILS OF SAMARA DNIPROVSKA RIVER VALLEY ECOSYSTEMS

Abstract. Microelemental characteristics of the edaphotopes of A. L. Belgard Prysamarsky International Biospheric Station (Dnieper Prisamaria region, Ukraine) by example of forb-fescue-stipa steppe and lime-ash oakery of the central floodplain are presented. The content and patterns of distribution of Manganese and Lead in soil profiles were researched.

Keywords: soil, trace element, Manganese, Lead, distribution.

УДК 577.486:634.9

Є. О. Тагунова

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна,
тел.: + 38063-405-36-96, e-mail: zapisky@bk.ru*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ МАРГАНЦЮ ТА СВИНЦЮ В БІОГЕОЦЕНОЗАХ ДОЛИНИ р. САМАРИ ДНІПРОВСЬКОЇ

Дослідження закономірностей умісту та розподілу мікроелементів (слідових елементів) в едафотопях як підсумкових компонентах природних і штучних біогеоценозів є однією з ключових складових моніторингу довкілля та актуальним питанням як в фундаментальному екологічному, так і в природоохоронному аспектах. Концентраціям елементів у ґрунтовому покриві притаманна природна варіабельність, пов'язана з відмінними генетичними властивостями ґрунтів (типом материнської породи, гранулометричним складом і т. ін.), типом ландшафту, альтитудою місцевості тощо. Абсолютні показники валового вмісту елементів у ґрунтах часто не можуть бути співставлені внаслідок генетичної неоднорідності останніх, виходячи з цього, вважають за доцільне вивчення концентрацій рухомих форм елементів, доступних для рослин. Важливою умовою достовірної оцінки мікроелементного стану едафотопу є статистичний аналіз розподілу концентрації мікроелементів у ньому. Відомо, що основним (породотворним) елементам та макроелементам у ґрунтовому профілі властивий геохімічний розподіл за нормальним законом, тоді як розподіл мікроелементів часто може відхилятися від нормальності, внаслідок впливу низки факторів (Morozov and Romanov, 2009).

 Tel.: + 38063-405-36-96. E-mail: zapisky@bk.ru

DOI: 10.15421/031423

В даній роботі представлені окремі результати вивчення вмісту та закономірностей розподілу мікроелементів у ґрунтовому покриві едафотопів у межах другого моніторингового профілю Присамарського Міжнародного біосферного біогеоценологічного стаціонару імені О. Л. Бельгарда (с. Андріївка, Новомосковський район Дніпропетровської області). Було визначено концентрацію рухомих форм та статистично описано закономірності розподілу біогенного мікроелемента Мангану (III клас небезпеки, малонебезпечний елемент) та одного з пріоритетних забруднювачів довкілля Плюмбуму (I клас небезпеки, дуже небезпечний мікроелемент) у заплавно-лучно-лісовому ґрунті липово-ясеневі діброви центральної заплави та фонового для регіону дослідження чорноземі звичайному різотравно-кострицево-ковиловому степу.

Експериментальні польові зразки ґрунтів відбиралися за загальноприйнятими методиками. Визначення концентрації рухомих форм мікроелементів проводилося методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії у витяжці з ацетатно-амонійним буфером, pH 4,8. Статистична обробка результатів дослідження здійснювалася за допомогою програм MS Excel 10 та STATISTICA 7.0. Нормальність розподілу значень концентрації елементів перевірялася за допомогою критерію Шапіро-Уїлка, прийнятий рівень значущості 0,05.

З'ясовано, що кількість рухомого Мангану в едафотопі липово-ясеневі діброви центральної заплави коливається в межах від 7,6 в горизонті 105–125 см (материнська порода) до 33,9 мг/кг у верхньому горизонті 0–10 см, в едафотопі різотравно-кострицево-ковиловому степу – від 5,4 у горизонті 85–150 см до 49,8 мг/кг у горизонті 0–10 см. Встановлено, що розподіл концентрації Мангану статистично відрізняється від нормального, що узгоджується з відомостями про значну біогенну акумуляцію даного елемента та його накопиченням у верхніх гумусованих горизонтах.

Концентрація рухомого Плюмбуму в заплавно-лучно-лісовому ґрунті центральної заплави коливається від 0,8 у горизонті 105–125 см до 1,3 мг/кг у горизонті 0–10 см. Кількість Плюмбуму в чорноземі звичайному різотравно-кострицево-ковиловому розподілена відносно однорідно, із максимумом 1,4 в горизонті 56–85 см та мінімумом 0,74 в горизонті 34–56 см, значне накопичення мікроелемента у верхніх гумусованих горизонтах, порівняно з материнською породою, не спостерігається. З'ясовано, що статистичний розподіл вмісту Плюмбуму в заплавно-лучно-лісовому ґрунті та чорноземі звичайному підпорядковується нормальному закону, що є властивим для мікроелементів зі слабкою біогенною акумуляцією (Sarkar, 2002).

Ключові слова: ґрунт, мікроелементи, слідові елементи, Манган, Плюмбум, розподіл.

УДК 577.486:634.9

Е. О. Тагунова

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, 49010, г. Днепропетровск, Украина,
тел.: + 38063-405-36-96, e-mail: zapisky@bk.ru*

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАРГАНЦА И СВИНЦА В БИОГЕОЦЕНОЗАХ ДОЛИНЫ р. САМАРЫ ДНЕПРОВСКОЙ

Исследование содержания и закономерностей распределения микроэлементов в эдафотопях природных и искусственных биогеоценозов является одним из ключевых компонентов мониторинга окружающей среды, актуальным как в фундаментальном экологическом, так и в природоохранном аспектах. В данной работе представлены результаты изучения концентрации и распределения микроэлементов (следовых элементов) в почвенном покрове биогеоценозов, находящихся в пределах второго мониторингового профиля Присамарского Международного биосферного биогеоценологического стационара им. А. Л. Бельгарда (с. Андреевка, Новомосковский район Днепропетровской области). Была определена концентрация и закономерности распределения биогенного микроэлемента Марганца (III класс опасности) и одного из приоритетных загрязнителей окружающей среды Свинца (I класс опасности). Установлено, что статистическое распределение содержания Свинца в поемно-лугово-лесной почве и черноземе обыкновенном нормальное, зато распределение Марганца статистически отличается от нормального, что согласуется со сведениями о выраженной биогенной аккумуляцией данного элемента. Нормальность распределения значений концентрации элементов проверялась с помощью критерия Шапиро-Уилка.

Ключевые слова: почва, микроэлементы, следовые элементы, Марганец, Свинец, распределение.

INTRODUCTION

Investigation of the microelemental (trace-elemental) composition of soil cover is an important part of environmental monitoring, which is caused by the fact that soil is the resultant component of any ground biogeocenosis and a natural source of microelements for biological objects. The vital necessity of trace elements in microquantities and the toxicity of its high concentrations make its study highly actual.

Content of microelements in soil is characterized by natural variability related to different soil genetic properties (type of mother rock, granulometric composition), type of landscape, altitude etc. Therefore it is necessary to research the microelemental content not only in areas, experiencing an active anthropogenic pressure, as well on conditionally ecologically friendly sites, because just an objective examination of the background content of trace elements in soil cover allows to make adequate conclusions about the presence of microelemental pollution in artificial biogeocenoses (Jakushevskaja, 1973; Kabata-Pendias and Pendias, 1989; Selim and Sparks, 2001).

MATERIAL AND METHODS

The present study was carried out on the territory of the second monitoring profile of A. L. Belgard' Prysamarskyi international biospheric station (Dnipropetrovsk region, Ukraine), which is situated in steppe zone of Ukraine, subzone of forb-fescue-stipa steppe.

The objects of the research of microelemental state of Dnieper Prismsaria's soil cover are edaphotopes of natural biogeocenoses, located within the landscapes:

- watershed-gully: forb-fescue-stipa steppe (soil: ordinary chernozem, low-humic, medium-loamy on loess-like loams);
- valley-terraced: lime-ash oakery of the central floodplain (floodplain meadow-forest moderately leached medium-humic loamy soil on an alluvial deposits) (Belgard, 1971; Belova and Travleev, 1999).

Sampling of experimental soil material and determination of its properties were carried out by standard methods. Content of microelements in soils was analyzed by atomic absorption spectrophotometry with ammonium acetate-buffer, pH 4,8, according to State Standard 4770.1:2007–4770.9:2007. The results obtained were processed with conventional methods of variation statistics using MS Excel 2010, STATISTICA 7.0. Normality of distribution pattern of microelements was checked using the Shapiro-Wilk test. The adopted significance level is 0.05.

RESULTS AND DISCUSSION

The microelemental state of edaphotopes of Dnieper Prysamaria monitoring is reported by example of Manganese and Lead content in floodplain meadow-forest soil of lime-ash oakery of the central floodplain and ordinary chernozem of forb-fescue-stipa steppe – background object for the region of study.

Manganese is biogenic microelement, which plays an essential role in photosynthesis and also is a cofactor activating many enzymes. Manganese in soils derives from mother rock and it accumulates in the form of oxides and hydroxides as secondary soil minerals and also in complexes with organic matter. Uptake by plants is under metabolic control, although passive uptake may occur at high concentrations leading to toxicity (Hooda, 2010). Manganese belongs to III class of hazard chemical elements (low-hazard element). Whereas our second researched element – Lead – is one of the priority environmental pollutants (I class of hazard chemical elements – highly hazardous element) (Shykula et al., 2010). It may be released into the soil as a result of atmospheric emissions from industrial sources, automobiles using leaded gasoline as an antiknock agent, lead-containing paint etc. Lead is toxic to living organisms; plants uptake of Pb is very limited (Sarkar, 2002).

According to our results of microelemental analysis, the content of mobile Manganese in floodplain meadow-forest soil varies from 7,6 in the horizon 105–125 cm (parent material) to 33,9 mg/kg in the upper horizon 0–10 cm. Statistical analysis of the concentration and distribution of Manganese in the floodplain meadow-forest soil (Table 1) showed, that the

biggest variation of the Manganese content is typical for the horizon 58–105 cm (coefficient of variation 7,9 %) and values of skewness and kurtosis indicates its deviation from the normal distribution, whereas the variation of Manganese in upper horizon 0–10 is the least (0,68 %).

Investigation of the distribution of Manganese in the soil profile of lime-ash oakery of the central floodplain showed that it does not obey the normal law (Fig. 1), which is indicating the presence of factors that impacts the distribution of Manganese, in particular biogenic accumulation (Morozov, Romanov, 2009).

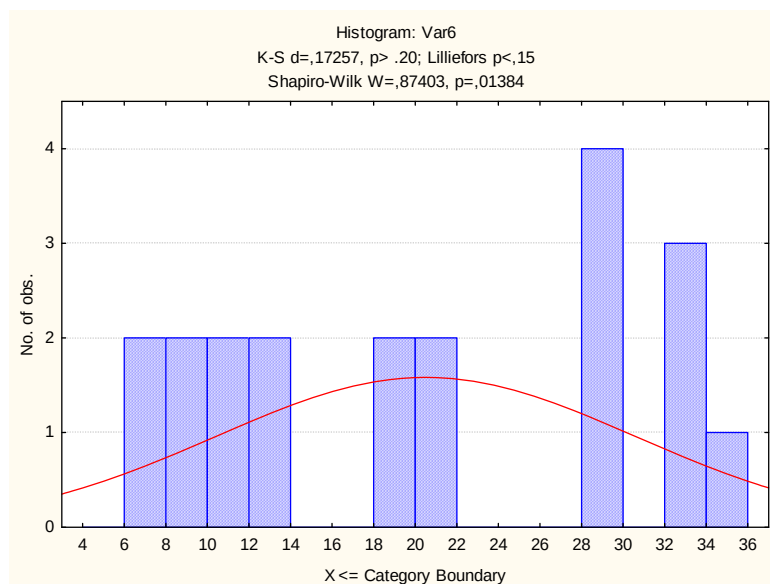


Fig. 1. Distribution of Manganese content in floodplain meadow-forest soil

The obtained data of Manganese distribution in the ordinary chernozem of forb-fescue-stipa steppe (Table 2) also show, that its distribution does not correspond to a normal law (Fig. 2),

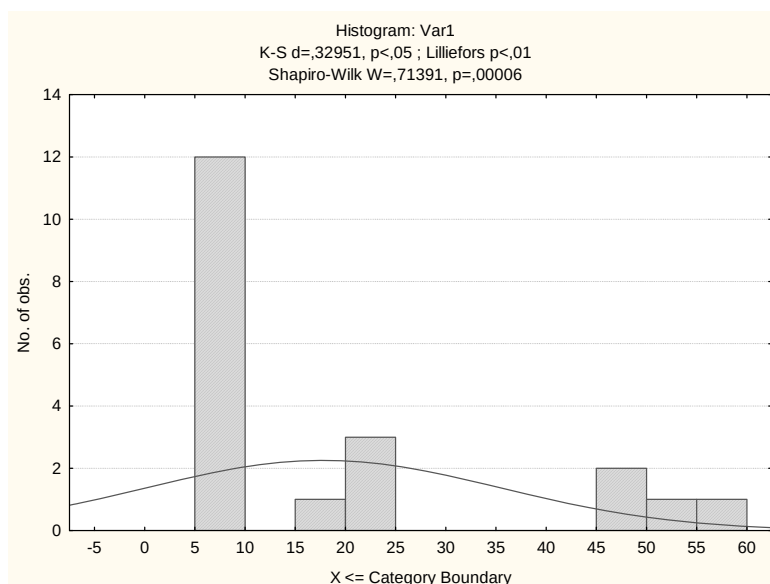


Fig. 2. Distribution of Manganese content in ordinary chernozem

Table 1

Descriptive statistics of the Manganese content in floodplain meadow-forest soil

Horizon, cm	Mean, mg/kg	Confidence interval		Geometric mean	Median	Variance	Std. Dev.*	Coef. Var.**	Standard error	Skewness	Kurtosis
0-10	33,91	33,54	34,28	33,91	33,86	0,05	0,23	0,68	0,12	1,19	1,97
10-37	28,97	27,74	30,21	28,96	29,02	0,60	0,78	2,68	0,39	-0,27	-1,70
37-58	19,72	18,57	20,87	19,71	19,78	0,52	0,72	3,67	0,36	-0,36	-2,04
58-105	11,80	10,32	13,28	11,78	11,58	0,87	0,93	7,88	0,47	0,77	-1,74
105-125	8,11	7,62	8,59	8,10	8,03	0,09	0,30	3,76	0,15	1,04	-0,24

Note, hereinafter: *Std. Dev. – standard deviation; **Coef.Var. – coefficient of variation.

Table 2

Descriptive statistics of the Manganese content in ordinary chernozem

Horizon, cm	Mean, mg/kg	Confidence		Geometric mean	Median	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard error	Skewness	Kurtosis
0-10	50,01	42,45	57,58	49,85	48,11	22,62	4,76	9,51	2,38	1,69	2,74
10-34	20,57	19,82	21,32	20,57	20,66	0,22	0,47	2,29	0,24	-0,86	-0,50
34-56	6,91	6,72	7,09	6,91	6,92	0,01	0,11	1,65	0,06	-0,27	-3,46
56-85	5,39	4,68	6,10	5,38	5,26	0,20	0,44	8,25	0,22	1,52	2,65
85-150	6,24	6,02	6,46	6,24	6,25	0,02	0,14	2,19	0,07	-0,10	-5,37

Table 3

Descriptive statistics of the Lead content in floodplain meadow-forest soil

Horizon, cm	Mean, mg/kg	Confidence		Geometric mean	Median	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard error	Skewness	Kurtosis
0-10	1,31	0,72	1,89	1,27	1,23	0,13	0,37	27,99	0,18	0,82	-1,19
10-37	0,88	0,34	2,11	0,69	0,57	0,60	0,77	87,35	0,39	1,77	3,13
37-58	1,03	0,14	1,92	0,92	0,90	0,31	0,56	54,36	0,28	0,99	-0,09
58-105	0,98	0,47	1,48	0,93	1,03	0,10	0,32	32,61	0,16	-0,87	1,55
105-125	0,78	0,50	1,06	0,76	0,82	0,03	0,18	22,79	0,09	-0,98	0,55

Table 4

Descriptive statistics of the Lead content in ordinary chernozem

Horizon, cm	Mean, mg/kg	Confidence		Geometric mean	Median	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard error	Skewness	Kurtosis
0-10	1,30	0,66	1,94	1,26	1,20	0,16	0,40	30,82	0,20	1,16	1,05
10-34	0,86	0,66	1,07	0,85	0,84	0,02	0,13	15,03	0,06	0,64	-1,48
34-56	0,74	0,24	1,23	0,67	0,84	0,10	0,31	42,08	0,16	-1,64	2,77
56-85	1,36	1,18	1,55	1,36	1,40	0,01	0,12	8,59	0,06	-1,33	1,50
85-150	1,30	0,47	2,13	1,23	1,17	0,27	0,52	39,98	0,26	1,38	2,38

which was confirmed by Shapiro-Wilk test. This edaphotope is characterized by the accumulation of Manganese in the upper soil horizons, rich in humus: average content of Manganese is 49,8 for horizon 0–10 cm and 20,6 mg/kg for horizon 10–34 cm, whereas its concentration in lower horizons is 5,4–7,0 mg/kg. It confirms probably log-normal distribution of Manganese, attributable for many microelements (Morozov, Romanov, 2009). In the case of a log-normal distribution, we have used the geometric mean to characterize the content of the element.

The content of mobile Lead varies from 0,8 to 1,3 mg/kg in floodplain meadow-forest soil of lime-ash oakery and from 0,9 to 1,7 mg/kg in ordinary chernozem of forb-fescue-stipa steppe (Tables 3, 4). The distribution of this element, as opposed to Manganese, is relatively uniform (Fig. 3, 4). We suppose that because Lead, as mentioned above, is an element with low biogenic accumulation.

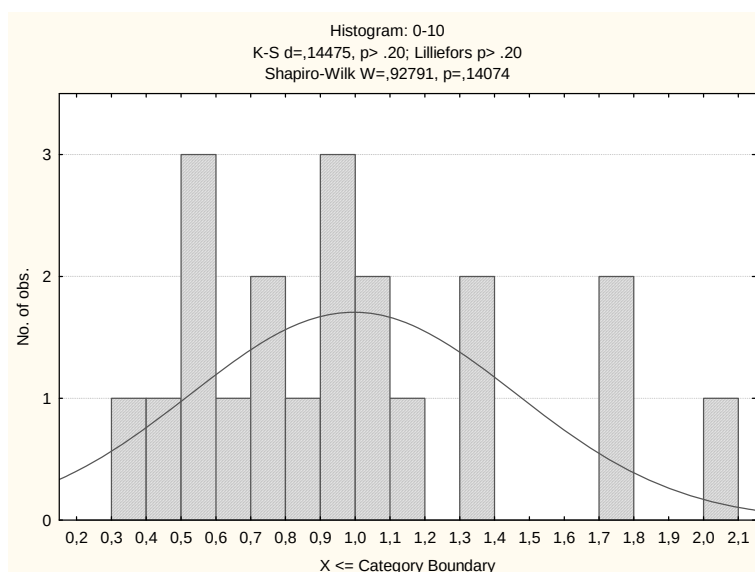


Fig. 3. Distribution of Lead content in floodplain meadow-forest soil

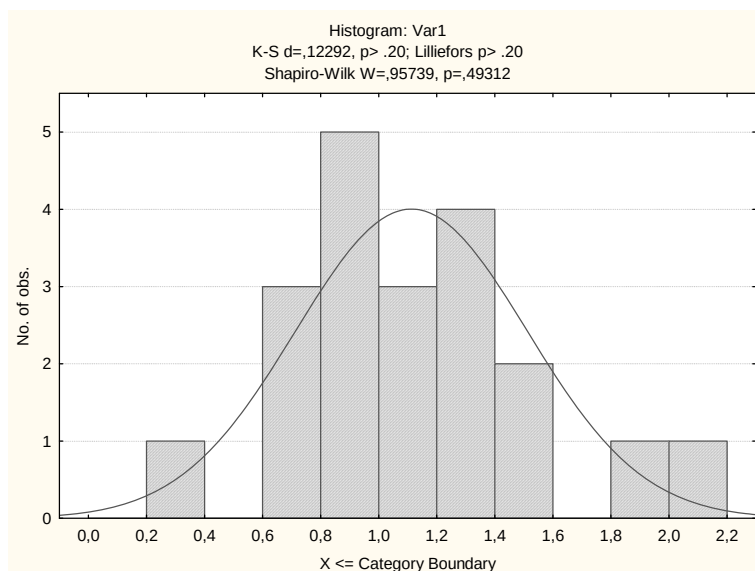


Fig. 4. Distribution of Lead content in ordinary chernozem

The distribution of Lead in the studied soils was described as normal and polymodal. Its highest average concentrations were determined in the horizons 0–10 ($1,3 \pm 0,2$ mg/kg) and 37–58 cm ($1,03 \pm 0,3$ mg/kg) of floodplain meadow-forest soil and horizons 56–85 ($1,4 \pm 0,06$) and 0–10 cm ($1,3 \pm 0,2$ mg/kg) of ordinary chernozem.

The results obtained show good agreement with the data of another researchers, who have studied the microelemental content and patterns of distribution in the soil cover of Dnieper Prissamaria (Yakuba, 2005; Tsvetkova and Dubina, 2008), and correspond to the background content of these trace elements in soils of the studied region (Fatieiev and Pashchenko, 2003).

CONCLUSIONS

Content and patterns of distribution of mobile Manganese and Lead in the floodplain meadow-forest soil of lime-ash oakery of the central floodplain and in the ordinary chernozem of forb-fescue-stipa steppe were researched. The mean content of Manganese varies from 5,4 to 49,8 mg/kg with the accumulation in upper horizons, rich in humus. The distribution pattern of Manganese content is statistically different from normal, which is confirmed by Shapiro-Wilk test. The mean concentration of Lead in the soil cover of researched edaphotopes varies insignificantly from 0,8 to 1,4 mg/kg. The distribution of Lead is fairly uniform and obeys the normal law.

REFERENCES

- Belgard, A. L., 1971.** Stepnoe lesovedenie [Steppe silvics]. Lesnaja promyshlennost', Moscow (in Russian).
- Belova, N. A., Travleev, A. P., 1999.** Estestvennye lesa i stepnye pochvy (jekologija, mikromorfologija, genezis) [Natural forests and steppe soils (ecology, micromorphology, genesis)]. DSU, Dnipropetrovsk (in Russian).
- DSTU 4770.1:2007 – DSTU 4770.9:2007.** Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk marhantsiu (tsynku, kadmiu, zaliza, kobaltu, midi, nikeliu, khromu, svyntsiu) v grunti v bufemii amoniino-atsetatnii vytyazhti z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of mobile manganese compounds (zinc, cadmium, iron, cobalt, copper, nickel, chromium, lead) in soil with a buffer of ammonium acetate extract, pH 4.8, by atomic absorption spectrophotometry].
- Fatieiev, A. I., Pashchenko, Ya. V. (ed.), 2003.** Fonovyi vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy [Background content of microelements in the soils of Ukraine]. NNC «Instytut gruntoznastva ta ahrokhimii im. O. N. Sokolovskoho», Kharkiv (in Ukrainian).
- Hooda, P. S., 2010.** Trace Elements in Soils. Blackwell Publishing Ltd, Chichester.
- Jakushevskaja, I. V., 1973.** Mikrojelementy v prirodnyh landshaftah [Microelements in natural landscapes]. Izd-vo MGU, Moscow (in Russian).
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 1989.** Mikrojelementy v pochvah i rastenijah [Trace elements in soils and plants]. Mir, Moscow (in Russian).
- Morozov, M. V., Romanov, V. A., 2009.** Laboratornye metody issledovanija mineralov, gornyh porod i rud [Laboratory methods of minerals, rocks and ores research]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj gornyj institut, Sankt-Peterburg (in Russian).
- Sarkar, B. (ed.), 2002.** Heavy Metals in the environment. Marcel Dekker, INC, New York.
- Selim, M. H., Sparks, D. L. (ed.), 2001.** Heavy metals release in soils. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Shykula, M. K., Hnatenko, O. F., Petrenko, L. R., Kapshtyk, M. V. (ed.), 2004.** Okhrona gruntiv [Soil protection]. Znannia, Kyiv (in Ukrainian).
- Tsvetkova, N. N., Dubina A. A., 2008.** Uroven' soderzhaniya manganca v pochvah urbosistem industrial'nyh gorodov stepnogo pridneprov'ja [Manganese level in soils of urban systems of industrial cities of steppe Dnieper river region]. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology 16 (1), 204–209 (in Russian).
- Yakuba, M. S., 2005.** Rozpodil Marhantsiu ta svyntsiu v biloakatsiievkykh nasadzhenniakh Prysmar'ia Dniprovskoho [Distribution of manganese and lead in white acacia plantations of Dnieper Prysmar'ia]. Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel 9, 76–86 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 08.10.2014

Рекомендує до друку: чл.-кор. НАНУ, д-р біол. наук, проф. А. П. Травлєєв

MATHEMATICAL MODELING IN ECOLOGY



V. N. Poltoratskaya  Cand. Sci. (Tech.)

UDK 502.3:504.5

*State Higher Education Establishment
"Pridneprovskaya State Academy
of Civil Engineering and Architecture",
Chernyshevsky Str., 24-a, 49005,
Dnepropetrovsk, Ukraine*

MATHEMATICAL MODEL TO ASSESS THE ACTUAL ENVIRONMENTAL RISK FROM THE POINT SOURCE EMISSIONS

Abstract. A mathematical model for point source emissions, which allows to determine the ecological risk, improve the ecological situation in the region with the ability to manage risk.

Environmental risk is defined as the probability of exceeding a multidimensional integral field concentrations of pollutants its Maximum Admissible Concentration (with a small number of measurements) or frequency exceeding the given measured concentrations of pollutants its Maximum Admissible Concentration (with a large number of measurements). Components of air pollution regions, cities, enterprises are individual emission sources, so primarily developing assessment and environmental risk analysis should be performed for individual sources and, above all, to prevent significant risks – for the prognostic assessment of newly constructed or reconstructed enterprises, and for existing facilities – from the measurement data.

For a single point source mathematical model includes:

- raw data (results undertorch measurement characteristics of pollutants, sanitary protection and residential areas, the design parameters of the source and characteristics of the external environment for the worst-case);
- forecast concentrations of pollutants depending on the design parameters of the source and characteristics of an environment for a source with circular and rectangular mouth, hot and cold emissions, extremely dangerous low wind speeds;
- depending on the definition of the amendments to the measured concentrations due to the difference of the worst conditions from measurements;
- depending on the definition given to the worst conditions of the measured concentrations and their statistical processing in order to obtain:
 - a) the numerical characteristics of the density distribution of the concentration of pollutants emitted (mathematical expectations, standard deviations and correlation coefficients);
 - b) environmental risk α , defined at a relatively small number of trials as a multidimensional probability integral of the density distribution of the concentrations obtained with the numerical characteristics, and a large number of tests - the frequency of the measured concentrations exceeding;

 Tel.: +38056-713-46-57. E-mail: keko@mail.pgasa.dp.ua

DOI: 10.15421/031424

- c) environmental risks from air pollution α_j separate pollutants;
d) depending on the definition of the numerical characteristics of the forecast distribution density is not measured (secondary) concentrations of pollutants emitted to address their risks when determining α and α_j .

It is shown that, in accordance with applicable regulatory requirements must consider the risk of the negative impact of air pollution to humans, the level of which is determined using the values of the maximum one-time maximum allowable concentrations pollutants.

Defined by experienced stochastic patterns of distribution of contaminants in the atmosphere. Studied the random variation of concentrations. Theoretically and experimentally substantiated principles of developing a mathematical model to assess the actual risk from ecological point sources of emissions.

Keywords: *environmental risk, a single source, the source of pollutants, mathematical model, the measured concentrations.*

УДК 502.3:504.5

В. М. Полторацька канд. техн. наук

*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
вул. Чернишевського, 24-а, 49005, м. Дніпропетровськ, Україна,
тел.: +38056-713-46-57, e-mail: keko@mail.pgasa.dp.ua*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ФАКТИЧНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВІД ТОЧКОВОГО ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ

Представлено математичну модель для точкового джерела викидів, що дозволяє визначити екологічний ризик, поліпшити екологічну ситуацію регіонів завдяки можливості управління ризиком.

Екологічний ризик визначається як багатовимірний інтеграл ймовірності перевищення полем концентрацій забруднюючих речовин своїх ГДК_{мр} (при малому числі вимірів) або по частоті перевищення наведеними обмірюваними концентраціями забруднюючих речовин своїх ГДК_{мр} (при великому числі вимірювань).

Показано, що відповідно до діючих нормативних вимог необхідно розглядати ризик появи негативного впливу забруднення атмосферного повітря для людини, рівень якого визначається з використанням значень максимально разових гранично допустимих концентрацій (ГДК_{мр}) забруднюючих речовин.

Визначено досвідчені стохастичні закономірності поширення забруднень в атмосфері. Вивчено випадкові зміни концентрацій. Теоретично і експериментально обґрунтовано принципи розробки математичної моделі оцінки фактичного екологічного ризику від точкових джерел викидів.

Ключові слова: *екологічний ризик, одиночне джерело, джерело забруднюючих речовин, математична модель, виміряні концентрації.*

УДК 502.3:504.5

В. Н. Полторацкая канд. техн. наук

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства
и архитектуры»,
ул. Чернышевского, 24-а, 49005, г. Днепропетровск, Украина,
тел.: +38056-713-46-57, e-mail: keko@mail.pgasa.dp.ua*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ОДИНОЧНОГО ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА

Представлена математическая модель для точечного источника выбросов, позволяющая определить экологический риск, улучшить экологическую ситуацию регионов благодаря возможности управления риском.

Экологический риск определяется как многомерный интеграл вероятности превышения полем концентраций загрязняющих веществ своих ПДК_{мр} (при малом числе измерений) или

по частоте превышения приведенными измеренными концентрациями загрязняющих веществ своих ПДК_{мр} (при большом числе измерений).

Показано, что в соответствии с действующими нормативными требованиями необходимо рассматривать риск появления негативного влияния загрязнения атмосферного воздуха для человека, уровень которого определяется с использованием значений максимально разовых предельно допустимых концентраций (ПДК_{мр}) загрязняющих веществ.

Определены опытные стохастические закономерности распространения загрязнений в атмосфере. Изучены случайные изменения концентраций. Теоретически и экспериментально обоснованы принципы разработки математической модели оценки фактического экологического риска от точечных источников выбросов.

Ключевые слова: экологический риск, одиночный источник, загрязняющих веществ, математическая модель, измеренные концентрации.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам оценки риска посвящено большое число работ. В полном объеме рискованные ситуации не всегда определяются и подвергаются изучению. Эта неопределенность имеет особое значение для промышленных предприятий, которым жизненно необходимо знать проблемы, с которыми им приходится иметь дело, и уметь справляться с ними. Если давно стало известно, что любое производство связано с вероятностью нанесения ущерба окружающей среде и здоровью человека, то экологические риски только начинают превращаться в объект пристального изучения.

Составляющими загрязнения атмосферного воздуха регионов, городов, предприятий являются отдельные источники выбросов, поэтому в первую очередь развитие методов оценки и анализа экологического риска следует производить для отдельных источников и, прежде всего, с целью предупреждения значительных рисков – для прогнозной оценки вновь строящихся или реконструируемых предприятий (Menshikov et al., 2003), а для действующих предприятий – по данным измерений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для одиночного точечного источника математическая модель включает:

– исходные данные (результаты подфакельных измерений, характеристики загрязняющих веществ (ЗВ), санитарно-защитной и жилой зон, проектные параметры источника и характеристики внешней среды для наихудших условий);

– прогнозные зависимости концентраций ЗВ от проектных параметров источника и характеристик внешней среды для источника с круглым и прямоугольным устьем, с горячими и холодными выбросами, предельно малыми опасными скоростями ветра, так, например, для горячих выбросов:

$$C_j = \frac{AM_j F_j m n \eta}{H^2 \sqrt{\frac{\pi D^2}{4} w_o (T_e - T_a)}} r(u) S_1(x) S_2(x, y) + C_{\phi j} + \Delta C_j, \quad (1)$$

где: m , n – коэффициенты, учитывающие условия выхода ГВС из устья источника выброса и зависящие от w_o, D, H, T_e, T_a (ОНД – 86); $r(u)$ – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние величины скорости u ветра и зависящий также от w_o, D, H, T_e, T_a (ОНД – 86); $S_1(x)$ – безразмерный коэффициент, зависящий от расстояния x вдоль оси факела от основания источника до рассматриваемой точки, в которой производится оценка риска, и зависящий также от w_o, D, H, T_e, T_a , а для низких источников ($H < 10$ м) имеет дополнительную особенность зависимости от высоты источника (ОНД – 86); $S_2(x, y)$ – безразмерный коэффициент, учитывающий

влияние боковой координаты y рассматриваемой точки по перпендикуляру к оси факела, а также зависящий от координаты x и скорости ветра u (ОНД – 86);

– зависимости по определению поправок в измеренные концентрации за счет отличия наихудших условий от условий измерений.

При горячих выбросах, записав уравнение (1) для наихудших условий и для условий измерения (нижний индекс «к») и вычтя из первого второе, получим следующую величину поправки к измеренным концентрациям для одиночного точечного источника с круглым устьем, учитывающую различие указанных выше условий:

$$\Delta C_{jk} = C_j - C_{jk} = \frac{AM_j F_{mj} \eta}{H^2 \sqrt{\frac{\pi D^2}{4} w_a (T_c - T_a)}} r(u) S_1(x) S_2(x, y) - \frac{A_k M_{kj} F_{kj} m_k n_k \eta_k}{H^2 \sqrt{\frac{\pi D_k^2}{4} w_{ak} (T_{ck} - T_a)}} r_k(u) S_{1k}(x) S_{2k}(x, y). \quad (2)$$

Все эти величины для наихудших условий определяются в соответствии с ОНД-86.

Тогда для k -го измерения можно получить приведенное значение измеренной концентрации:

$$C_{jk}^{np} = C_{jk} + \Delta C_{jk}, \quad (3)$$

где C_{jk} – данные по подфакельным замерам концентраций ЗВ; $k = \overline{1, m_1}$ – число подфакельных измерений концентраций.

В результате получим значения приведенных к одним наихудшим условиям концентраций $C_{jk}^{np}; j = \overline{1, n_2}; k = \overline{1, m_1}$ (n_2 – число ЗВ с измеренными концентрациями, m_1 – число подфакельных измерений концентраций).

При большом числе $m_1 \geq 100$ измерений концентраций всех ЗВ оценка экологических рисков α и α_j может быть получена как статистическая оценка вероятности по частоте неблагоприятного исхода (превышение ПДК_{мр}) (Venttsel, 1998, Dunin-Borkovskiy, 1955):

$$\alpha = \frac{m_1^*}{m_1}, \quad (4)$$

где m_1^* – число превышений в m_1 опытах хотя бы одной из всех ЗВ приведенной к наихудшим условиям концентрацией своей ПДК_{мрj};

$$\alpha_j = \frac{m_{1j}}{m_1}, \quad (5)$$

где m_{1j} – число превышений в m_1 опытах приведенной к наихудшим условиям концентрации j -го ЗВ своей ПДК_{мрj}.

При сравнительно малом числе измерений или при измерении концентраций не всех ЗВ величина α оценивается как многомерный интеграл вероятности, представленный в виде:

$$\alpha = 1 - \int_{-\infty}^{ПДК_1} \int_{-\infty}^{ПДК_2} \dots \int_{-\infty}^{ПДК_{n_1}} f(x_1, \dots, x_{n_1}) dx_1, \dots, dx_{n_1}. \quad (6)$$

Базируясь на предельных теоремах теории вероятностей, при оценке риска α считалось, что плотность распределения $f(x_1, \dots, x_{n_1})$ подчиняется многомерному нормальному закону, который, как известно, характеризуется тремя величинами (числовыми характеристиками): C_j^* математическое ожидание концентрации j -го ЗВ, σ_j – среднеквадратическое отклонение концентрации j -го ЗВ, r_{jk} – коэффициент корреляции между j -ой и p -ой концентрациями ЗВ. Аналогично плотность $f_j(C_j)$ будет характеризоваться только величинами C_j^* и σ_j .

Для ЗВ с измеренными концентрациями они получаются на основании статистической обработки приведенных концентраций по формулам (3, 5):

– математические ожидания:

$$C_j^* = \frac{\sum_{k=1}^{m_1} C_{jk}^{np}}{m_1}; \quad (7)$$

–среднеквадратические отклонения:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{m_1} (C_{jk}^{np} - C_j^*)^2}{m_1 - 1}}; \quad (8)$$

– корреляционные моменты K_{jp} и коэффициенты корреляции r_{jp} между j -м и p -м ЗВ:

$$K_{jp} = \frac{\sum_{k=1}^{m_1} (C_{jk}^{np} - C_j^*)(C_{pk}^{np} - C_p^*)}{(m_1 - 1)}, \quad (9)$$

$$r_{jp} = \frac{K_{jp}}{\sigma_j \sigma_p}.$$

Тогда подинтегральная функция в риске (6) примет вид [3]:

$$f(C_1, \dots, C_{n_1}) = \frac{\sqrt{|F|}}{(2\pi)^{n_1}} \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_1} F_{ij} (C_i - C_i^*)(C_j - C_j^*) \right], \quad (10)$$

где $|F|$ – определить матрицы F , $F = \|F_{ij}\|$ – матрица обратная корреляционной матрице K , т.е. если корреляционная матрица:

$$K = \|K_{ij}\|, \quad (11)$$

то

$$F_{ij} = (-1)^{i+j} \frac{M_{ij}}{|K|}, \quad (12)$$

где $|K|$ – определитель корреляционной матрицы, а M_{ij} – минор этого определителя, получаемый из него вычеркиванием i -ой строки и j -го столбца. Заметим, что:

$$|F| = \frac{1}{|K|}. \quad (13)$$

Трудность здесь состоит в том, что интеграл (6), определяющий искомый риск, на современных числовых машинах можно вычислить с использованием стандартных программ только при размерности n_1 (числе загрязняющих веществ) не большей 6-8. Поэтому (Pereverzev et al., 2002, Volkov et al., 1974) было предложено при больших размерностях n_1 использовать приближенную формулу:

$$\alpha = 1 - F_{n_1}(h_1, h_2, \dots, h_{n_1}) = 1 - \left\{ \prod_{i=1}^{n_1} F(h_i) + \frac{1}{\pi N} \cdot \sum_{i \neq j} \sum_i \arcsin r_{ij} \left[F\left(\min_i h_i\right) - \prod_{i=1}^{n_1} F(h_i) \right] \right\} \quad (14)$$

$$h_i = \frac{\text{ПДК}_{\text{мр } i} - C_i^*}{\sigma_i}, \quad i = \overline{1, n_1}, \quad (15)$$

где $N = n_1(n_1 - 1)$; $F_{n_1}(h_1, \dots, h_{n_1})$ – n_1 -мерная нормальная функция распределения вероятности, входящая в (6);

$F(h_i)$ – одномерная нормальная функция распределения (одномерный интеграл вероятности (Venttsel, 1998)).

Для вычислений по приведенным формулам необходимо только однократное интегрирование. Можно также использовать табличное задание интеграла $F(h_i)$ (Venttsel, 1998) или использовать интегральную функцию распределения, представленную в виде ряда:

$$F(h_i) = 1 - Z(h_i)(b_1 t_i + b_2 t_i^2 + \dots + b_5 t_i^5), \quad (16)$$

$$Z(h_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} h_i\right),$$

$$\text{где } t = \frac{1}{1+p} h_i, \quad p = 0,2316419; \quad b_1 = -1,821253978; \quad (17)$$

$$b_2 = 0,356563782; \quad b_3 = 1,781477937; \quad b_4 = -1,821253978;$$

$$b_5 = 1,330274429.$$

По определению величины $I - F(h_i)$ равны составляющим экологического риска для человека от загрязнения атмосферы отдельными веществами α_i .

Таким образом, получив числовые характеристики (7) – (9) для загрязняющих веществ со всеми измеренными концентрациями или дополнив их характеристиками (7) – (9) для ЗВ с отсутствием измерений, по (14), (15) найдем искомый экологический риск α .

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких или всех загрязняющих веществ, обладающих суммацией вредного действия (OND – 86), для каждой группы указанных веществ однонаправленного действия приведенная концентрация рассматривается как линейная функция остальных, входящих в группу концентраций (Venttsel, 1998). Тогда числовые характеристики плотности распределения можно получить по формулам:

– математические ожидания:

$$C_{kj}^* = \sum_{j=1}^{n_1} a_{jk} C_j^*, \quad (18)$$

где k – новый номер множества концентраций ЗВ, включающего комплексные, обладающие эффектом суммации действия, и простые загрязняющие вещества (если они есть), $k = \overline{1, n_c}$;

C_j^* – математическое ожидание j -ой концентрации простого загрязняющего вещества, (для прогнозных концентраций) или (18) (для измеряемых концентраций);

a_{jk} – коэффициенты, определяемые по правилам:

$a_{jk} = 1$, если приведение концентраций в группе ЗВ, обладающих эффектом суммации действия, производится к фиксированному ЗВ с концентрацией C_j или группа состоит из одного вещества с концентрацией C_j , не входящей ни в одну группу суммации воздействия;

$$a_{jk1} = \frac{ПДК_{мрк}}{ПДК_{мрj}} \text{ – если } j\text{-е загрязняющее вещество входит в группу суммации}$$

воздействия, имеющей приведенную концентрацию C_k и к нему производится приведение других концентраций из рассматриваемой группы;

$a_{jk} = 0$ – если j -е загрязняющее вещество не входит в группу суммации, имеющей приведенную концентрацию C_j ;

– среднеквадратические отклонения:

$$\sigma_k = \sqrt{\sum_{j=1}^{n_1} (\sigma_j \sigma_f) + 2 \sum_{j < f} r_{jf} a_{jk} a_{fk} \sigma_j \sigma_f}, \quad (19)$$

где σ_j – среднеквадратическое отклонение j -го ЗВ, полученное по формуле (19) для прогнозных концентраций или (8) для измеряемых концентраций;

r_{jf} – коэффициент корреляции между j -ой и f -ой концентрациями загрязняющих веществ, полученные по формулам (20), (21) для прогнозных концентраций или (9) для измеряемых концентраций;

– корреляционные моменты K_{kf} и коэффициенты корреляции r_{kf} :

$$K_{kf} = \sum_{j=1}^{n_1} a_{jk} a_{jf} \sigma_j^2 + \sum_{j < f} (a_{jk} a_{jl} + a_{fk} a_{fl}) r_{jf} \sigma_j \sigma_f, \quad (20)$$

$$r_{kf} = \frac{K_{kf}}{\sigma \cdot \sigma_d}. \quad (21)$$

Приведенные выше исходные данные и математические зависимости составляют математическую модель задачи, включающую следующие встречающиеся на практике варианты:

а) для случая, в котором измерения производятся в заданной точке местности по концентрациям всех ЗВ:

1) приведение измеренных концентраций j -х выбрасываемых источником загрязняющих веществ к наихудшим условиям, для которых определены ПДК_{мрj} – зависимости, включающие источники с круглым и прямоугольным устьем; горячие, холодные выбросы и предельно малые опасные скорости ветра; измерения производились для опасных и неопасных (измеренных) направлений скорости ветра; технологические режимы работы в условиях измерений наихудшие и отличные от них;

2) определение числовых характеристик плотности случайного распределения приведенных концентраций – зависимости (18) – (21);

3) определение составляющих экологического риска от j -х α_i и от всех α ЗВ:

– при большом числе измерений ($m \geq 100$) – зависимости (4), (5);

– при малом числе измерений – зависимости (6), (10) – (17);

б) измерения производятся в заданной точке местности не по всем концентрациям загрязняющих веществ.

В предыдущем п. а): пункт 1) сохраняется;

– в пункте 2) дополнительно вводится определение числовых характеристик плотности случайного распределения концентраций для загрязняющих веществ, по которым не производились измерения концентраций – зависимости (10) – (16), включая прогнозные корреляционные связи между измеренными и не измеренными концентрациями;

в п. 3) используется только вариант для малого числа измерений – зависимости (6), (10 – 17), при этом при большом числе измерений величины $1 - F_j(h_i) = \alpha_j$ для ЗВ с измеренными концентрациями определяются по зависимостям (5) (Polischuk, et al., 2007).

Таким образом, для одиночного точечного источника математическая модель включает:

– исходные данные (результаты подфакельных измерений, характеристики ЗВ, санитарно-защитной и жилой зон, проектные параметры источника и характеристики внешней среды для наихудших условий);

– прогнозные зависимости концентраций ЗВ от проектных параметров источника и характеристик внешней среды для источника с круглым и

прямоугольным устьем, с горячими и холодными выбросами, предельно малыми опасными скоростями ветра;

– зависимости по определению поправок в измеренные концентрации за счет отличия наихудших условий от условий измерений;

– зависимости по определению приведенных к наихудшим условиям измеренных концентраций и их статистической обработке с целью получения:

а) числовых характеристик плотности распределения системы концентрации выбрасываемых ЗВ (математических ожиданий, среднеквадратических отклонений и коэффициентов корреляции);

б) экологического риска α , определяемого при сравнительно малом числе испытаний как многомерный интеграл вероятности от плотности распределения концентраций с полученными числовыми характеристиками, а при большом числе испытаний – по частоте превышения приведенными измеренными концентрациями своих ПДК_{мрj};

в) экологических рисков α_j от загрязнения атмосферы отдельными j -ми ЗВ;

г) зависимости по прогнозируемому определению числовых характеристик плотности распределения не измеряемых (второстепенных) концентраций, выбрасываемых ЗВ с целью учета их при определении рисков α и α_j .

ВЫВОДЫ

Показано, что в соответствии с действующими нормативными требованиями необходимо рассматривать риск появления негативного влияния загрязнения атмосферного воздуха для человека, уровень которого определяется с использованием значений максимально разовых предельно допустимых концентраций (ПДК_{мр}) загрязняющих веществ.

Определены опытные стохастические закономерности распространения загрязнений в атмосфере. Изучены случайные изменения концентраций. Теоретически и экспериментально обоснованы принципы разработки математической модели оценки фактического экологического риска от точечных источников выбросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Menshikov, V. V., Shvyryayev A. A., 2003. Opasnyie himicheskie protsessy i tehnogennyiy risk [Hazardous chemical processes and technological risks]. MGU (in Russian).

OND-86. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozduhe vrednyih veschestv, sodержaschihsya v vyibrosah predpriyatij. [Method of calculating the concentrations in the air of harmful substances contained in industrial emissions]. Gidrometeoizdat, Leningrad (in Russian).

Venttsel, E. S., 1998. Teoriya veroyatnostey [probability Theory] (in Russian).

Dunin-Borkovskiy, I. V., 1955. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika v tehnike [Probability theory and mathematical statistics in engineering] (in Russian).

Polischuk, S. Z., Poltoratskaya, V. N., Falko, V. V., 2007. Razrabotka matematicheskoy modeli otsenki ekologicheskogo riska po dannym izmereniy prizemnyih kontsentratsiy zagryaznyayuschih atmosferu veschestv [Development of mathematical model for environmental risk assessment based on measurements of surface concentrations of air pollutants]. Sistemniye tehnologii. 5(52), 112–120 (in Russian).

Pereverzev, E. Alpatov, A., Daniev, Yu., Novak P. 2002. NadYozhnost tehnicheskikh sistem: [monografiya] / E. Pereverzev, – Dnepropetrovsk: Porogi, [Reliability of Technical Systems] (in Russian).

Volkov, E. B., Sudakov, R. S., Sveritsyn, T. A., 1974. Osnovy teorii nadYozhnosti raketnykh dvigateley [Fundamentals of reliability theory of rocket engines]. Mashinostroyeniye (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 24.09.2014

Рекомендує до друку: канд. біол. наук, стар. наук. співр. О. К. Балалєв

HUMAN AND SPACE



V. V. Mizin 

O. A. Isakov

M. A. Voitenko

V. P. Lyashenko

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 612.8-055.2:004+
613.86

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave, 72, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

INTERRELATION BETWEEN PSYCHOPHYSIOLOGICAL INDICES AND AUTONOMIC ADAPTIVE RESPONSE YOUTH INFORMATION OVERLOAD

Abstract. Nowadays humanity lives in a super information world, which is marked by an increase in volume of auditory and visual information, the acceleration of change in the objective and the spirit world, increase information load in the form of electromagnetic waves caused by man. This can lead to information overload, the essence of which is that the amount of useful information coming exceed the objective possibilities of perception. The singular group, which is over loaded by information – the students.

The aim of the presented work was to identify the relationship between psychophysiological indices and vegetative adaptive responses of the students from the Dnepropetrovsk National University of Oles Gonchar on information overload, which may form the basis for the formation of curricula and educational work in high school and would like to offer some prognostic model of the functional state of the students in today's environment.

The study involved 120 students volunteer 2–3 courses of natural specialties Dnepropetrovsk National University of Oles Gonchar. To determine the physiological features and functional state of the students the program «Psychodiagnostics» was used. For registration of heart rate variability a heart rate monitor POLAR RS800CX was used. Testing was conducted before and after the information load. Information load carried by means of tests Schulte, Bourdon and Gorbova granted in computerized form.

In boys enrolled in natural specialties found high rates of properties of neural processes. Under the influence of information load indicator latent period of reaction time choosing two out of three was significantly decreased by 15 % and the rate of functional mobility of nervous processes that characterize the strength of nervous processes significantly decreased by 17 %. Mobility and balance the nervous processes when information load decreased. These changes in performance can indicate the presence of an imbalance of the autonomic nervous system stress due to information load. Resulting in uneven tasks and the lack of a clear rhythm work.

Under the influence of information load significantly increased capacity is very high-frequency range (VLF, ms²) and total power (Total, ms²). Exceeding the indicator VLF, may indicate an increased influence of humoral-metabolic mechanisms regulating heart rate. There is a tendency to increase of high-capacity and low-frequency spectra, and reduce the percentage of very low-frequency (HF) range. Also, the rate of vago-sympathetic tone (LF/HF) 2 times higher than normal, which may indicate the presence sympathicotonia.

 Tel.: +38097-834-83-11. E-mail: Valeriyamv@gmail.com

DOI: 10.15421/031425

Indicators spectral analysis of heart rate variability was significantly increased, the rate of the average standard deviation (SDNN) increased by 23 % and the prevalence rate of parasympathetic regulation of sympathetic link link (pNN50) by 37 %. These changes indicate activation of the sympathetic division of the autonomic nervous system and low adaptive capacities of the autonomic nervous system.

Our investigations have shown that young natural specialties of Dnepropetrovsk National University of Oles Gonchar are influenced by information load significantly deteriorated physiological parameters and heart rate variability. Infringement of autonomic adaptive responses leads to a decline in physical and mental performance of boys.

Key words: *psychophysiological indicators vegetative adaptive responses, heart rate variability, students, information overload.*

УДК 612.8-055.2:004+
613.86

В. В. Мизин
А. А. Исаков
М. А. Войтенко
В. П. Ляшенко

д-р биол. наук, проф.

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, 49010, г. Днепропетровск, Украина,
тел.: +38097-834-83-11, e-mail: Valeriyamv@gmail.com*

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ И ВЕГЕТАТИВНЫМИ АДАПТАЦИОННЫМИ РЕАКЦИЯМИ ЮНОШЕЙ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ НАГРУЗКУ

Выполнены исследования психофизиологических показателей, часового и частотного анализа показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) юношей до и после информационной нагрузки, которые обучаются на 2–3 курсах естественных специальностей. Показано, что у юношей после информационной нагрузки достоверно снизились сила, уравновешенность и подвижность нервных процессов. Наблюдалось нарушение вегетативных адаптационных реакций, увеличилось напряжение нервной системы, снизились специфическая и неспецифическая устойчивость организма до внешних факторов, как следствие – снизились физическая и умственная работоспособность юношей.

Ключевые слова: *психофизиологические показатели, вегетативные адаптационные реакции, вариабельность сердечного ритма, студенты, информационная нагрузка.*

УДК 612.8-055.2:004+
613.86

В. В. Мізін
О. А. Ісаков
М. А. Войтенко
В. П. Ляшенко

д-р біол. наук, проф.

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна,
тел.: +38097-834-83-11, e-mail: Valeriyamv@gmail.com*

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ТА ВЕГЕТАТИВНИМИ АДАПТАЦІЙНИМИ РЕАКЦІЯМИ ЮНАКІВ НА ІНФОРМАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Виконано дослідження психофізіологічних показників, часовий та частотний аналіз показників варіабельності серцевого ритму (ВСР) юнаків до і після інформаційного навантаження, що навчаються на 2–3 курсах природничих спеціальностей. Показано, що у юнаків після інформаційного навантаження достовірно знижувались сила, врівноваженість та рухливість нервових процесів. Спостерігалось порушення вегетативних адаптаційних реакцій, збільшувалась напруга нервової системи, знизились специфічна та неспецифічна стійкість організму до зовнішніх факторів, як наслідок – зниження фізичної та розумової працездатності юнаків.

Ключові слова: *психофізіологічні показники, вегетативні адаптаційні реакції, варіабельність серцевого ритму, студенти, інформаційне навантаження.*

ВСТУП

На сьогоднішній день людство живе в мегаінформаційному просторі, який відзначається збільшенням обсягу слухової та зорової інформації, прискоренням змін в предметному і духовному світі, збільшенням інформаційного навантаження у вигляді електромагнітних хвиль техногенного походження (Kogobeynikov, 2008). У результаті індустріалізації та науково-технічного прогресу кількість і різноманітність джерел електромагнітного випромінювання швидко зростає. В Україні, як і в усьому світі, спостерігається стрімке збільшення кількості таких джерел – щодня будуються та реконструюються базові станції стільникового зв'язку, дообладнуються телерадіопередавальні центри, об'єкти радіонавігації, радіолокаційні станції, станції супутникового зв'язку, активно використовуються бездротові способи передачі даних у мережі Інтернет, встановлюються локальні офісні бездротові мережі тощо. До того ж, майже кожна доросла людина та навіть діти щодня користуються стільниковими телефонами та побутовими електроприладами. Все це може призвести до інформаційного перенавантаження, суть якого полягає в тому, що кількість корисної інформації, яка надходить, перевищує об'єктивні можливості її сприйняття (Funktsional'nyy stan ..., 2012).

Особливою когортою, яка зазнає інформаційного перенавантаження, є студентство. Від студентів вимагається не тільки підготовленість і ерудиція, а ще й висока працездатність, вміння зосереджуватися, наявність міцного і стабільного здоров'я, націленість і пряме використання своїх резервів при вирішенні основних проблем і завдань, що виникають в ході формування спеціаліста вищої кваліфікації (Makarenko et al., 2009). Це вимагає високих адаптаційних можливостей організму, які засновані на балансі ерго- та трофотропних реакцій і потребують певних енергетичних витрат (Rozov, 2004). Тому, останні роки активізувалася увага до здоров'я студентів, що пов'язано із занепокоєнням суспільства з приводу здоров'я фахівців, які випускаються вищою школою, зростанням захворюваності в процесі професійної підготовки, а також наступним зниженням працездатності (Agadzhanlyan et al., 2004). Методом оцінки психофізіологічних адаптаційних реакцій є система тестування «Психодіагност». Система тестування може бути використана для оцінки функціонального стану організму в умовах впливу на нього різних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, також призначена для визначення індивідуальних властивостей вищої нервової діяльності людини по переробці зорової інформації різного ступеня складності (Barko et al., 2008). Комплексно оцінити вегетативні адаптаційні реакції дозволяє метод оцінки варіабельності серцевого ритму (Baevsky et al., 1998; Lombardi et al., 2012). Він не тільки відображає роботу серцево-судинної системи та її регуляторних механізмів, а й механізмів регуляції цілісного організму. Тобто, він дозволяє кількісно охарактеризувати функціональну активність симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи (ВНС) (Aleksanyants, 2004; Boitsov et al., 2010; Sarychev, 2012).

Виходячи з цього, метою представленої роботи було виявлення залежності між психофізіологічними показниками та вегетативними адаптаційними реакціями студентів Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара на інформаційне навантаження, що може лягти в основу формування навчальних планів і виховної роботи у ВНЗ, а також дозволить запропонувати деякі прогностичні моделі формування функціонального стану студентської молоді в сучасних умовах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженні брали участь 120 студентів-волонтерів (вік 18–19 років), 2–3 курсів природничих спеціальностей Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара. Усі студенти – волонтери надали добровільну згоду на участь у дослідженні. Всі досліджені здорові. Для визначення психофізіологічних

можливостей і функціонального стану студентів використовувалась програма «Психодіагностика». Це система тестування, яка може бути використана для оцінки функціонального стану організму в умовах впливу на нього різних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, в тому числі – фізичних навантажень. Дана система призначена для визначення індивідуальних властивостей вищої нервової діяльності людини по переробці зорової інформації різного ступеня складності (Babunts et al., 2010; Hainsworth, 2011). Для реєстрації варіабельності серцевого ритму використовувався монітор серцевого ритму POLAR RS800CX. Запис проводили згідно з вимогами до проведення дослідження: в один і той же час – 9.00–12.00, в комфортних умовах, після короткострокової адаптації, при спокійному диханні. Реєстрація кардіоритмів проводилась протягом 5 хвилин у комфортному положенні сидячи. Тестування проводилося до і після інформаційного навантаження. Інформаційне навантаження здійснювалося за допомогою тестів Шульте, Бурдона та Горбова, які надавалися в комп'ютеризованому вигляді та застосовувалися для інтегральної оцінки властивостей уваги та здатності до сприйняття значимої інформації.

Статистична обробка результатів здійснювалась за допомогою пакетів «Statistika 6.0» та «Microsoft Excel». Було використано методи непараметричної статистики: медіану та інтерквартильний розмах. Порівняння залежних вибірок проводили за допомогою критерію Вілкоксона.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Одним з показників здоров'я є адаптаційні можливості організму (Agadzhanyan et al., 2004). Для того, щоб при нових умовах зберегти існуючий рівень функціонування або перейти на більш адекватний, необхідна певна напруга регуляторних механізмів, спрямованих на мобілізацію функціональних резервів. Саме ступінь напруги регуляторних систем визначає функціональний стан людини з точки зору ефективності пристосування організму до нових умов.

У юнаків, що навчаються на природничих спеціальностях, встановлено високі показники властивостей нервових процесів. Час латентного періоду простої зорово-моторної реакції (ПЗМР) свідчить про силу нервових процесів досліджених і дорівнював в середньому 360 ± 30 мс, латентний період реакції вибору двох з трьох сигналів в середньому збільшився на 208 мс і склав 568 ± 40 мс. Кількість помилок при виконанні тестів вказує на врівноваженість нервових процесів. При виконанні ПЗМР була зроблена мінімальна кількість помилок, з ускладненням режимів тестування кількість помилок збільшилась. В режимі визначення рівня функціональної рухливості нервових процесів (РФРНП) кількість помилок дорівнювала 20 ± 3 . Значення показників рухливості нервових процесів РФРНП, мінімальний час експозиції тесту склав 94 ± 5 с, а час виходу на мінімальну експозицію – 54 ± 8 с. Ці значення лежать в межах стандартів.

Під дією інформаційного навантаження показник часу латентного періоду реакції вибору двох з трьох достовірно знизився на 15 % та показник рівня функціональної рухливості нервових процесів, які характеризують силу нервових процесів достовірно знизився на 17 %. Спостерігається тенденція до зниження показників часу латентного періоду простої зорово-моторної реакції (ПЗМР) та сили нервових процесів (СНП) (рис. 1). Слабкість нервових процесів, на противагу силі, виявляється у постійній млявості й розслабленості чи легкій збудливості при швидкому виснаженні, а отже, і порівняно низька продуктивність діяльності.

У юнаків після інформаційного навантаження достовірно знизився показник врівноваженості нервових процесів реакції вибору двох з трьох, та спостерігається тенденція до зниження показників рівня функціональної рухливості та сили нервових процесів (рис. 2). Такі зміни показників можуть свідчити про наявність дисбалансу вегетативної нервової системи, обумовлений стресом до інформаційного навантаження. Наслідком чого є нерівномірність виконання завдань та відсутність чіткого ритму праці.

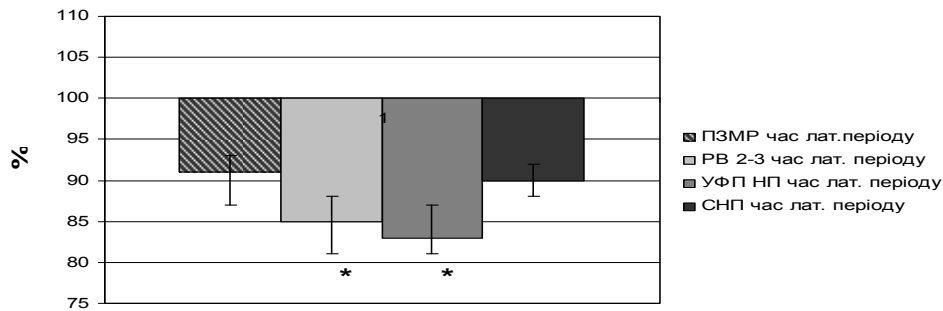


Рис. 1. Відсоткові зміни психофізіологічних показників сили нервових процесів після інформаційного навантаження

Примітка. * – достовірна різниця показників відносно показників юнаків до інформаційного навантаження при $p < 0,05$.

Рухливість нервових процесів після інформаційного навантаження знизилась, про що свідчить представлене на рисунку 3 достовірне зниження показника СНП, час виходу на мінімальну експозицію та тенденція до зниження інших показників рухливості нервових процесів. Достовірно збільшився показник сили нервових процесів мінімального часу експозиції сигналу, який характеризує зворотний зв'язок, тобто чим швидше досліджений реагує на появу зображення, тим меншим стає мінімальний час експозиції. Під впливом інформаційного навантаження рухливість нервових процесів знизилась.

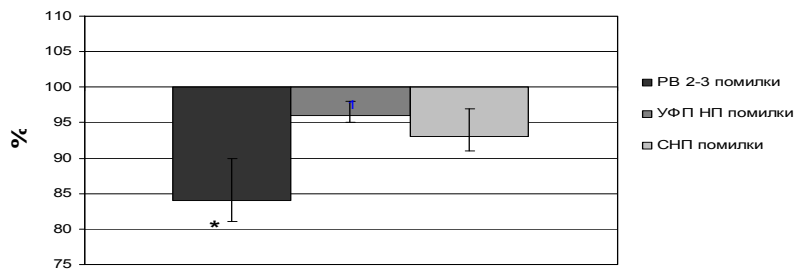


Рис. 2. Відсоткові зміни психофізіологічних показників врівноваженості нервових процесів після інформаційного навантаження

Примітка. Позначення ті ж самі, що на рис. 1.

Під впливом інформаційного навантаження зміни психофізіологічних показників сили, врівноваженості та рухливості нервових процесів свідчать про можливо низький рівень адаптаційних реакцій вегетативної нервової системи та сенсорно-моторних зв'язків. Внаслідок чого знижується рівень уваги та працездатності, підвищується емоційна збудливість, збільшується вірогідність нервових зривів.

Для встановлення стану вегетативної нервової системи та ступеню напруги регуляторних систем використали метод дослідження варіабельності серцевого ритму. Оскільки саме ступінь напруги регуляторних систем визначає функціональний стан людини з точки зору ефективності пристосування організму до нових умов. Відомо, що серцево-судинна система є чутливим індикатором адаптаційних реакцій організму, що дозволяє виявити частку різних ланок і систем регуляції.

У стані спокою у юнаків природничих спеціальностей показники дуже низькочастотного (VLF) спектру та загальної потужності спектру (Total) знаходились в межах стандарту (Стандарти використання показників ВСР, розроблені Європейським товариством кардіологів і Північно-американським товариством кардіостимуляції та електрофізіології) (Standarts of Measurement, 1996). Спостерігалось підвищення

низькочастотного (LF) спектру відносно стандартів на 43 %. Також, зниження показника високочастотного (HF) спектру – $620 \pm 190 \text{ мс}^2$, який відображає активність парасимпатичного кардіоінгібіторного центру довгастого мозку. Зниження цього показника при наявності підвищення показника низькочастотного (LF) спектру може вказувати на симпатикотонію. Наслідком такого розподілу потужностей спектру є збільшення в 1,5 рази коефіцієнту вагосимпатичного балансу (LF/HF). Відсотковий показник високочастотного (HF, %) спектру в середньому склав 13,5 %, що майже в 2 рази нижче стандарту. За результатами часового аналізу варіабельності серцевого ритму у юнаків показник середньоквадратичного відхилення (SDNN) склав $67,8 \pm 11,3 \text{ мс}$ та показник RMSSD – $40,9 \pm 9,1 \text{ мс}$, який характеризує активність парасимпатичної ланки регуляції та здатність синусового вузла до концентрації серцевого ритму, що знаходяться в межах стандарту. Показники ступеню переважання парасимпатичної ланки регуляції над симпатичною ланкою (рNN50) знаходяться нижче стандарту.

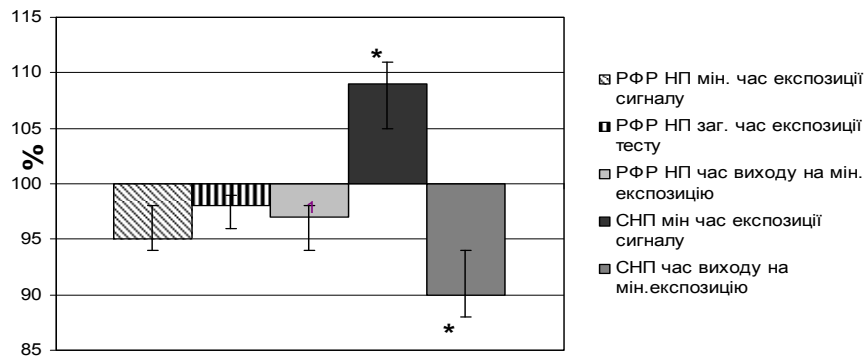


Рис. 3. Відсоткові зміни психофізіологічних показників рухливості нервових процесів після інформаційного навантаження

Примітка. Позначення ті ж самі, що на рис. 1.

Під впливом інформаційного навантаження достовірно збільшилась потужність дуже високочастотного спектру (VLF, мс^2) та загальна потужність (Total, мс^2). Перевищення значення показника VLF, може свідчити про підвищений вплив гуморально-метаболических механізмів регуляції серцевого ритму. Спостерігається тенденція до підвищення показників потужностей високочастотного та низькочастотного спектрів, та зниження відсоткового значення дуже низькочастотного (HF) спектру. Також, показник ваго-симпатичного тону (LF/HF) в 2 рази вищий за норму, що може вказувати на наявність симпатикотонії (рис. 4).

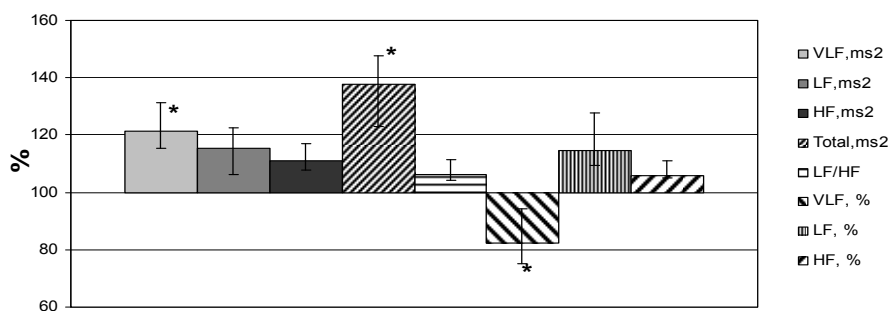


Рис. 4. Відсоткові зміни показників частотного спектру ВСР юнаків після інформаційного навантаження

Примітка. Позначення ті ж самі, що на рис. 1.

Показники спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму достовірно збільшились, показник середньоквадратичного відхилення (SDNN) збільшився на 23 % та показник переважання парасимпатичної ланки регуляції над симпатичною ланкою (pNN50) на 37 % (рис. 5). Такі зміни вказують на активацію симпатичного відділу вегетативної нервової системи та низький рівень адаптаційних можливостей вегетативної нервової системи.

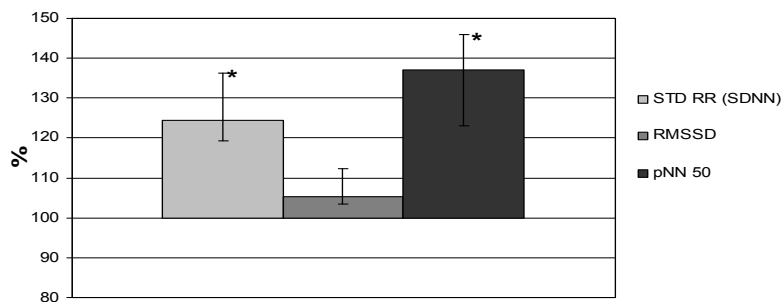


Рис. 5. Відсоткові зміни показників часового спектру ВСР юнаків після інформаційного навантаження

Примітка. Позначення ті ж самі, що на рис.1.

Інформаційне навантаження достовірно погіршує психофізіологічні показники та показники варіабельності серцевого ритму. Спостерігається порушення вегетативних адаптаційних реакцій та напруга нервової, гормональної та інших систем організму, знижується специфічна і неспецифічна стійкість, опір та пристосування організму до сучасних гео- кліматичних умов зовнішнього середовища, що призводить до зниження фізичної та розумової працездатності юнаків.

ВИСНОВКИ

Наші дослідження показали, що у юнаків природничих спеціальностей Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара під впливом інформаційного навантаження достовірно погіршилися психофізіологічні показники та показники варіабельності серцевого ритму. Спостерігалось порушення вегетативних адаптаційних реакцій, що призвело до зниження фізичної та розумової працездатності юнаків. Отримані дані дозволять запропонувати методи нормування навчального навантаження та профілактичні комплекси щодо покращення та збереження здоров'я студентів, важливого чинника у підготовці спеціалістів вищої кваліфікації.

1. Під дією інформаційного навантаження показники простої та складної зорово-моторної реакції та реакції вибору достовірно зменшувались, що свідчить про зниження рівня функціональної рухливості, сили та врівноваженості нервових процесів. Модуляція інших показників говорить про переважання збудливих процесів в центральній нервовій системі і зниженні психологічної стійкості юнаків.

2. У юнаків виявлено підвищення відносно стандартів індексу напруження, показників дуже низькочастотного спектру (VLF, мс^2) та низькочастотного (LF, мс^2) спектру в 1,3–1,6 разів, а також зниження майже в 2 рази нормованого показника високочастотного (HF, мс^2) спектру. Наслідком цього є вірогідне збільшення в 2 рази коефіцієнту вагосимпатичного балансу (LF/HF), що свідчить про наявність симпатикотонії, стану стривоженості та превалювання центрального контуру регуляції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Agadzhanyan, H. A., Bayevskiy, P. M., Bersen'yeva, A. P., 2004. Funktsional'nyye rezervy organizma i teoriya adaptatsii [Functional reserves of the body and the theory of adaptation]. Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny. № 3 (9), 4–11 (in Russian).

- Aleksanyants, G. D., 2004.** Ispol'zovaniye serdechno-dykhatel'nogo sinkhronizma dlya otsenki regul'yatorno-adaptivnykh vozmozhnostey organizma yun'ykh sportsmenov [Using the phenomenon of cardiorespiratory synchronism to assess the regulatory and adaptive capabilities of the organism of young sportsmen]. *Teoriya i praktika fiz. kul'tury*. № 8, 25 (in Russian).
- Babunts, I. V., Mirijanyan, E. M., Mashaeh, Y., 2010.** Azbuka analiza variabel'nosti serdechnogo ritma [ABCs of HRV analysis]. Tipografiya Moscow (in Russian).
- Baevsky, R. M., Kirillov, O. I., Kletskin, S. M., 1998.** Matematicheskiy analiz izmeneniy serdechnogo ritma pri stresse [Mathematical analysis of the changes in heart rate during stress]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Barko, V. I., Shapovalov, O. V., Panok, V. H., 2008.** Psykholohichna diahnozyka [Psychological diagnostics]. *Praktychna psykholohiya ta sotsial'na robota*, 27–30 (in Ukrainian).
- Boitsov, S. A., Belozertseva, I. N., Kuchmin, A. N., 2010.** Vozrastnyye osobennosti izmeneniya pokazateley variabel'nosti serdechnogo ritma u prakticheskikh zdorovykh lits [Age features of changes of heart rate variability in healthy]. *Vestnik aritmologii* № 27, 57–60 (in Russian).
- Funktsional'nyy stan TSNS za umov pererobky informatsiyi riznoho stupenya skladnosti u osib z riznym rivnem rukhlyvosti nervovykh protsesiv, 2012 [The functional state of the central nervous system under the conditions of processing information of varying degrees of difficulty in individuals with different levels of mobility of nervous processes]. *Physiological Zh.*, 9–14 (in Ukrainian).
- Hainsworth, R., 2011.** The control and physiological importance of heart. *Heart Rate Variability*. NY. Futura Publ. Co., 3–19.
- Korobeynikov, G. V., 2008.** Psikhofiziologicheskaya organizatsiya deyatel'nosti cheloveka: monografiya [Psychophysiological organization of human activity: Monograph]. Belaya Tserkov (in Russian).
- Lombardi, F. et al., 2012.** Sudden cardiac death: role of heart rate variability to identify patients at risk. *Cardiovascular Research*. Vol. 56, 210–217.
- Makarenko, N. V., Voronovskaya, V. I., Panchenko, V. N., 2009.** Svyaz' individual'nykh psikhofiziologicheskikh svoystv s uspekhnost'yu obucheniya v vuze [Contact individual psychophysiological properties with success training in high school] *Psikhologicheskii zhurnal*. V. 12, 98–104 (in Russian).
- Rozov, V. I., 2004.** Formuvannya i rozvytok mekhanizmiv adaptivnoyi psikhofiziologichnoyi samorehulyatsiyi u studentiv [Formation and development of adaptive psychophysiological mechanisms of self-regulation in students]. *Problemy vyshchoyi shkoly*, 87–92 (in Ukrainian).
- Sarychev, Y. F., 2012.** Adaptativnyye mekhanizmy korrektsii vegetativnogo balansu v usloviyakh myshechnoy deyatel'nosti [Adaptive mechanisms correction autonomic balance conditions of muscle activity]. *Vestnik TGPU*, № 8(86), 132–134 (in Russian).
- Standarts of Measurement, 1996.** Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Physiological interpretation and clinical use. *Circulation* V. 93, 1043–1065.

Стаття надійшла в редакцію: 20.05.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. О. В. Севериновська

HUMAN AND SPACE



T. G. Turitskaya¹ Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.
A. G. Sidorenko²✉ Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 591.1: 616.8

¹*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave, 72, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

²*Dnipropetrovsk National University of Railway
Transport named after academician V. Lazaryan,
Lazaryan str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

ELECTRICAL ACTIVITY DYNAMICS OF THE HIPPOCAMPUS UNDER CAFFEINE INFLUENCE

Abstract. Multiple studies have shown that the hippocampus is a major part of the limbic system of the brain. It has complex cyclic connections with other brain structures. The hippocampus is an area that stores the sensory information that is associated with effective programs of behavior. The projection of this region in the cortex creates a sense of emotional background, which is a factor of automatic extraction and evaluation of programs, in accordance with past experience, including programs got with a new consciousness. Neurons of hippocampus differ with a severe background activity. Up to 60% of neurons in the hippocampus are responding on the sensory stimulation.

Electrical activity is a manifestation of complex shape analyzer processes in stimulating tissues. Changes in activity may indicate the occurrence of adaptive processes that are the result of stress-realizing and stress-limiting systems. One of the main roles in these systems plays hippocampus. The main neurotransmitters of synaptic stimulation in the hippocampus are glutamate. In the hippocampus under conditions of chronic stress are developing neurodegenerative processes in which primary importance belongs to prolonged changes in membrane potential of neurons that potentiate the action of glutamate on nerve cells. Balanced job of synaptic stimulation/inhibition and neurotransmitters systems is underlying the transmission, processing and storage of information in the hippocampus, as well as generating its rhythms, which is a kind of clock operating frequencies of the structure of the brain. Obviously, the various factors that affect the body from the outside can affect on recovery efficiency of electric shift of homeostasis. One of such factors are caffeinated substances, due to their inhibitory effect on phosphodiesterase and interaction with the purine receptors, which ultimately leads to the predominance of stimulating in the brain. In addition, for many decades consumption of caffeinated products with neuro-stimulating properties have greatly increased. Leaders in this list remain coffee and tea. Today the well-known biological effects of caffeinated substances are investigated their chemical composition and process of the transformation in the body. The wide range of research is due to the high consumption of these substances. The environmental factors indirectly or directly, in combination or single affect health, and the caffeinated substances can go to one of the best in strength and impact performance. In neurochemical mechanism of stimulating effect of caffeine plays an important role its ability to bind to specific ("purine" or adenosine) receptors in the brain, the endogenous ligand for which is purine nucleoside – adenosine. The

✉ Tel.: +38066-393-42-90. E-mail: _annuschka_@mail.ru

DOI: 10.15421/031426

ISSN 1726-1112. Ecology and noospherology. 2014. Vol. 25, no. 3–4

107

structural similarity of molecules of caffeine and adenosine contributes to this. Since adenosine is seen as a factor that reduces the stimulating processes in the brain, replacing its caffeine results in stimulative effect. Prolonged use of caffeine promotes the formation of new adenosine receptors and the effect of caffeine gradually decreases. However, the sudden cessation of caffeine consumption, adenosine covers all receptors that may lead to increased inhibition with symptoms of fatigue, sleepiness, depression. The relevance of this work is determined by the following observations. Activating mechanism of action of these substances is launching adaptive responses that represent the interaction stress-activating and stress-limiting systems. Energy shortage of the last one under these conditions can appear the cause of many neurodegenerative pathologies. What may occur in terms of the electroencephalogram. Electrical activity of the hippocampus, in turn, is one of the indicators of the functional state, which plays an important role in adaptive-compensatory reactions. Therefore, we can assume that prolonged consumption of caffeinated substances can lead to neurodegenerative changes that will show itself in terms of power on hippocampogram.

Therefore, the present study has to identify the dynamics of the bioelectrical activity of the hippocampus of rats under prolonged consumption of caffeinated substances.

Experiments were carried out on non-linear white male rats. At the beginning rats were with weight 125–140 g. The animals were divided into 2 groups. The first group consisted of control animals (n = 20). The second group (n = 15) was presented by the animals fed with pure caffeine in an amount of 150 mg/kg/day.

Registration of electrohippocampogram was performed in acute experiments in the subgroup of 3–5 animals every 2 weeks throughout the study, which lasted for 8 weeks. Background electrical activity of the hippocampus were recorded using standard electrophysiological complex equipment. Recordings started when the electrical activity of the hippocampus disappeared drugs spindle. Each animal spent 10–12 records for 1–2 minutes and then these records are digitally stored on a personal computer and processed using the application package consisting of "MathCAD 2001". Analyzed spectral power (mkV²) and normalized power (%) waves of background electrical activity of the hippocampus within common frequency bands.

In the group of animals that continued to receive caffeine in its pure form at the beginning of experiment was observed desynchronization of rhythms in hippocampogram that after 8 weeks of the study varied synchronization.

The results may indicate that the effect of caffeine substances on neurophysiological parameters of electrical activity of the hippocampus of rats reflects one of the many lines of action of some form of nutritional stress, which mechanisms relate to the agreed work and limiting and activating systems of the brain over time.

Key words: *electrical activity, hippocampus, caffeine, normalized power.*

УДК 591.1: 616.8

Т. Г. Турицкая¹

канд. биол. наук, доц.

А. Г. Сидоренко²

канд. биол. наук, доц.

¹*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, 49010, г. Днепропетровск, Украина*

²*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина,
тел.: +38066-393-42-90, e-mail: _annuschka_@mail.ru*

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГИППОКАМПА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ КОФЕИНА

Проанализированы изменения мощностей волн электрогиппокампограммы (ЭГГ) крыс и ее спектральной композиции в условиях длительного введения кофеина. Показано, что тонизирующее влияние кофеинсодержащих веществ на гиппокампальную нейротрансмиссию проявляется в виде десинхронизации ЭГГ. Это отображает лишь одно из многих направлений действия определенной формы алиментарного стресса, механизмы которого касаются согласованной работы активирующей и лимитирующей систем мозга во времени.

Ключевые слова: *электрическая активность, гиппокамп, кофеин, нормируемая мощность.*

¹*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна*²*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна,
тел.: +38066-393-42-90, e-mail: _annuschka_@mail.ru*

ДИНАМІКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ГІПОКАМПА ЗА УМОВ ТРИВАЛОГО ВВЕДЕННЯ КОФЕЇНУ

Проаналізовано зміни потужностей хвиль електрогіпокампограми (ЕГГ) щурів та її спектральної композиції в умовах тривалого введення кофеїну. Показано, що тонізуючий вплив кофеїновмісних речовин на гіпокампальну нейротрансмісію проявляється у вигляді десинхронізації ЕГГ. Це відображає лише один з багатьох напрямків дії певної форми аліментарного стресу, механізми якого стосуються узгодженої роботи активуючої та лімітуючої систем мозку в часі.

Ключові слова: *електрична активність, гіпокамп, кофеїн, нормована потужність.*

ВСТУП

Електрична активність є складноорганізованою формою прояву аналізаторних процесів збудливих тканин. Зміна цієї активності може свідчити про протікання адаптаційних процесів, які є результатом дії стрес-реалізуючої та стрес-лімітуючої систем. Одну з головних ролей у даних системах відіграє гіпокамп. Саме в гіпокампі за умов хронічного стресу в першу чергу розвиваються нейродегенеративні процеси, в яких основне значення належить тривалим змінам мембранного потенціалу нейронів, що потенціюють ексайтотоксичну дію глутамата на нервові клітини (Frend and Gulyas, 1997; Fuchs, 2003; De Kloet and Flugge, 2004; Joels, 2004; McEwen Bruce, 2007). Для даних процесів характерна прогресивна втрата структури та функції нейронів аж до загибелі цих клітин. Очевидно, що різні фактори, які впливають на організм з зовні, можуть впливати на ефективність відновлення зрушення електричного гомеостазу.

Одними з таких факторів є кофеїновмісні речовини, що пов'язано з їх інгібуючим впливом на фосфодіестеразу і взаємодією з пуриновими рецепторами, що в кінцевому підсумку призводить до переважання процесів збудження в мозку (Andersen and Soleng, 2010). До того ж, протягом багатьох десятиліть дуже зросло споживання кофеїновмісних продуктів, які мають нейростимулюючі властивості. Лідерами в цьому списку продовжують залишатися кава і чай. Паралельно з цим, збільшився ризик інсультів та інфарктів без видимих атеросклеротичних змін.

Також на сьогодні добре відомо, що кава впливає на активність ритмів гіпокампу. Адже кава містить кофеїн, який неабияк впливає на гіпокамп. Причому, чим вище доза кофеїну, тим сильніший ефект. Дуже високі дози викликають сильний резонанс в нервових клітинах гіпокампу, які отримують серйозний «кофеїновий поштовх», проявляючи великий сплеск електричної активності при стимуляції клітин (Vorobjeva and Koljadko, 2007). Електрична активність гіпокампу, в свою чергу, є одним із показників функціонального стану, який відіграє важливу роль у адаптаційно-компенсаторних реакціях організму. Можливо, тривале застосування кофеїновмісних продуктів може призводити до нейродегенеративних змін, що в першу чергу буде відображатися на формуванні електричних процесів. У зв'язку з цим, метою представленої роботи було дослідження активності гіпокампа в умовах тривалої дії кофеїну.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведені відповідно до існуючих міжнародних вимог і норм гуманного ставлення до тварин. Експерименти були проведені на нелінійних білих щурах-самцях. На початку дослідження вони були з масою 125–140 г. Тварин розділили на 2 групи. До першої групи увійшли контрольні тварини ($n = 20$). Друга група ($n = 15$) була представлена тваринами, які отримували з їжею чистий кофеїн в кількості 150 мг/кг/добу.

Реєстрацію електрогіпокампोगрама (ЕГГ) проводили в умовах гострого експерименту в підгрупі з 3-5 тварин через кожні 2 тижні протягом усього дослідження, яке тривало 8 тижнів. Хірургічна підготовка до відведення ЕГГ здійснювалася після внутрішньочеревного введення 20 мг/кг кетаміну та 50 мг/кг тіопенталу натрію. Після фіксації тварини в стереотаксичному приладі та проведенні трепанації черепа в гіпокамп вводили уніполярний електрод (ніхром, діаметр 100 мкм) відповідно до стереотаксичних координат (Stereotoksicheskiy atlas., 2002). Референтний електрод фіксували на вушній раковині тварини. Верифікацію локалізації кінчика електрода відведення проводили на фронтальних зрізах мозку.

Фонову електричну активність (ФЕА) гіпокампа реєстрували за допомогою стандартного комплексного електрофізіологічного устаткування. Запис починали, коли в електричній активності гіпокампа зникали наркотичні веретена. З кожної тварини проводили по 10–12 записів тривалістю по 1–2 хв., які в цифровому вигляді зберігалися на персональному комп'ютері і оброблялися за допомогою пакета прикладних програм у складі «MathCAD 2001». Аналізували спектральну потужність (мкВ^2) і нормовану потужність (%) хвиль ФЕА гіпокампа в рамках загальноприйнятих частотних діапазонів (Stereotoksicheskiy atlas., 2002).

Статистичну обробку результатів дослідження проводили методом парних порівнянь. Достовірність різниці між контрольними й експериментальними показниками визначали за t-критерієм Стьюдента ($P < 0,05$) (Lakin, 1990).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Провідним ритмом для ЕГГ щурів як контрольної, так і кофеїнової груп протягом усього експерименту залишався дельта-ритм (рис. 1). Хронічне вживання кофеїну приводило до достовірного ($P < 0,05$) зниження даних показників як в спектральному, так і в нормованому відношенні. Так, якщо показники нормованої потужності дельта-діапазону в сумарній ЕГГ тварин першої групи в середньому коливалися в межах 66–67 %, то для щурів другої групи вони не перевищували 56 %.

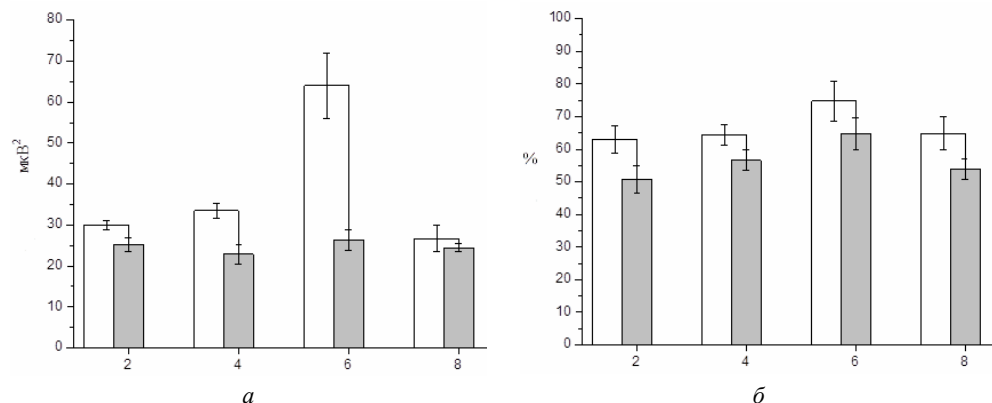


Рис. 1. Динаміка спектральної (а) і нормованої (б) потужності гіпокампа в дельта-частотному діапазоні тварин контрольної (білі стовпчики) групи і на фоні застосування кофеїну (сірі стовпчики) протягом експерименту

По осі абсцис – час від початку дослідження, тижні; по осі ординат – значення потужності, мкВ^2 , %

Спільною для обох груп залишалася схожа динаміка як спектральної, так і нормованої потужності, яка зростала з 2 до 6 тижнів з початку дослідження, а на 8 тижні знижувалася до початкових показників.

Збільшення представленості дельта-подібної активності в сумарній ФЕА гіпокампа контрольної групи тварин через 6 тижнів з початку експерименту може свідчити про процеси синхронізації. Водночас, вживання кофеїну в початковій стадії експерименту в ЕГГ демонструвало десинхронізуючий вплив як результат підвищення частоти пресинаптичного квантування дофаміну.

У частотному діапазоні 3–7 Гц спостерігалася інша динаміка показників спектральної і нормованої потужностей (рис. 2). При цьому слід зазначити, що представленість тета-подібної активності в сумарній ЕГГ була менш вираженою, ніж дельта-подібна активність.

Вживання кофеїну призводило до того, що вже через 2 тижні дослідження показники як спектральної, так і нормованої потужності достовірно ($P < 0,05$) перевищували аналогічний результат тварин контрольної групи. Надалі (через 4–6 тижнів від початку дослідження) у тварин другої групи було відмічено достовірне зниження показників спектральної потужності до 6 мкВ², а нормованої потужності – до 16–17 %, що для шурів даної групи було мінімальним в частотному діапазоні 3–7 Гц. Але вже через 8 тижнів хронічного вживання кофеїну було відзначено достовірне ($P < 0,05$) збільшення в 1,5 рази цих значень (максимальні показники), які перевищували аналогічні дані контрольної групи тварин. Такий результат може свідчити про те, що в умовах підвищення частоти пресинаптичного квантування дофаміну на початку експерименту спостерігалось виснаження медіатора в кінці дослідження в умовах глутаматної ініціації.

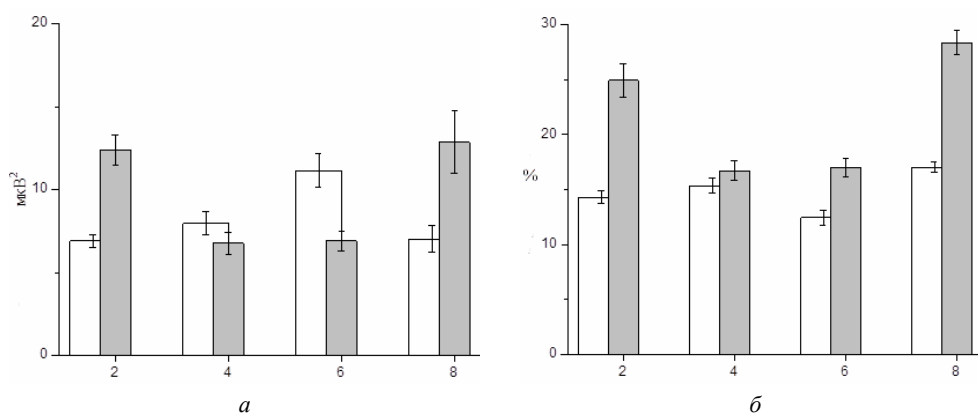


Рис. 2. Динаміка спектральної (а) і нормованої (б) потужності гіпокампа в тета-частотному діапазоні

Примітка. Позначення такі ж, що й на рис. 1.

Найменше в сумарній ФЕА гіпокампа тварин як контрольної групи, так і тих, до яких вживали кофеїн, були виражені частотні спектри 7–13 Гц і 14–30 Гц (рис. 3 та 4), що в цілому, в умовах нашого експерименту, було характерним для електричної активності головного мозку. При цьому, хронічне вживання кофеїну призводило до збільшення показників нормованої потужності в сумарній електрогіпокампограмі, що ще раз підтвердило переважання ефектів десинхронізації ФЕА.

Для альфа-частотного діапазону у тварин другої групи було характерним поступове зменшення показників як спектральної, так і нормованої потужностей (рис. 3) з максимумами через 2–4 тижні від початку дослідження і мінімумами – через 6–8 тижнів.

Також слід зазначити, що показники нормованої потужності в діапазоні 7–13 Гц через 2–6 тижнів дослідження були достовірно ($P < 0,05$) вищими за аналогічний результат тварин контрольної групи і в цілому змінювалися від 6 % до 11 %. Але вже в кінці експерименту хронічне вживання кофеїну призводило до вирівнювання показників як спектральної, так і нормованої потужностей до контрольних значень. Важливо відзначити, що збільшення альфа- і бета-подібної активності в сумарній ЕГГ в порівнянні з контрольною групою може говорити про більш виражений вплив кофеїну, який обумовлено типовим впливом його на стимуляцію пресинаптичного квантування (ефект десинхронізації).

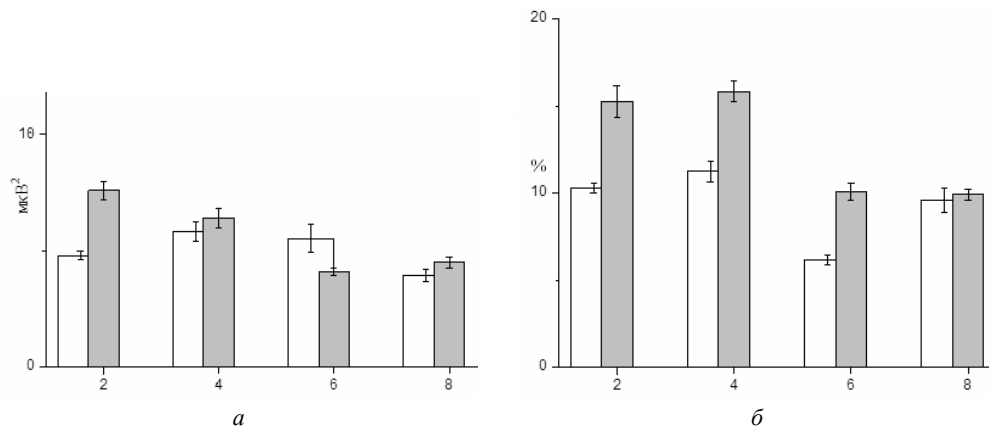


Рис. 3. Динаміка спектральної (а) і нормованої (б) потужності гіпокампа в альфа-частотному діапазоні

Примітка. Позначення такі ж, що й на рис. 1.

Представленість бета-подібної активності в сумарній ЕГГ тварин другої групи не перевищувала 9 % (рис. 4). До того ж, загальна динаміка як спектральної, так і нормованої потужності в даному частотному діапазоні була дуже схожа з максимумами через 4 тижнів дослідження, а мінімумами – через 6 тижнів. При цьому слід зазначити, що хоча в кінці експерименту і спостерігалось відновлення бета-подібного ритму, але без перевищення початкових значень.

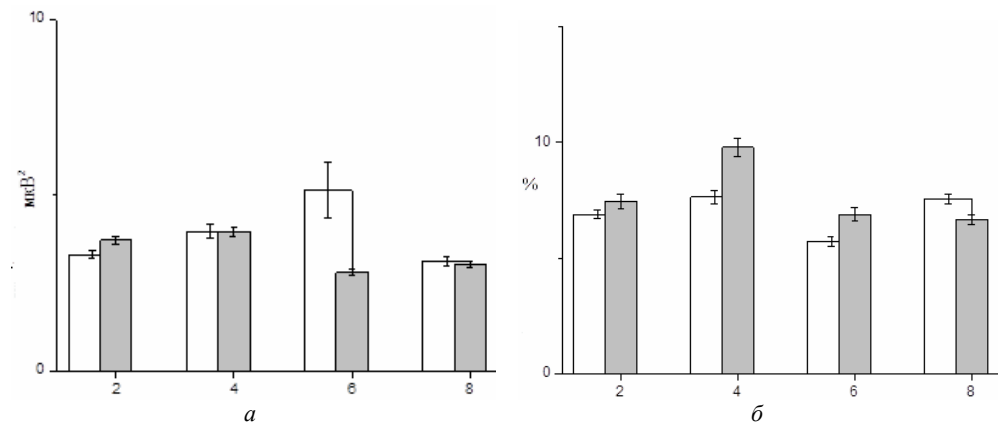


Рис. 4. Динаміка спектральної (а) і нормованої (б) потужності гіпокампа в бета-частотному діапазоні

Примітка. Позначення такі ж, що й на рис. 1.

ВИСНОВКИ

У групі тварин, які тривало отримували кофеїн у чистому вигляді на початку експерименту, спостерігалась десинхронізація ритмів гіпокампограми, яка через 8 тижнів дослідження змінювалась синхронізацією.

Результати роботи можуть свідчити, що вплив кофеїновмісних речовин на нейрофізіологічні показники електричної активності гіпокампа щурів відображає один з багатьох напрямків дії певної форми аліментарного стресу, механізми якого стосуються узгодженої роботи активуючої та лімітуючої систем мозку в часі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Andersen, P., Soleng, A. F., 2010. Raastad M. The hippocampal lamella hypothesis revisited; Brain research. 886, 165–171.

De Kloet, E. R., Flugge, G., 2004. Hormones and the stressed brain. Ann. N. Y. Acad. Sci. 1018, 1–15.

Frend, T. F., Gulyas, A. I., 1997. Inhibitory control of GABA-ergic interneurons in the hippocampus. Can. J. Physiol. Pharmacol. 75, 5, 479–487.

Fuchs, E., 2003. Chronic social stress: effects on limbic brain structures. J. Physiol. Behav. 79 (3), 417–427.

Joels, M., 2004. Effect of chronic stress on structure and functions in rat hippocampus and hypothalamus. Stress. 7(4), 221–231.

Lakin, G. V., 1990. Biometrija [Biometrics]. Higher School, Moscow (in Russian).

McEwen Bruce, S., 2007. Central effects of stress hormones in health and disease: understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators. Eur. J. Pharmacol. 583, 2–3, 174–185.

Stereotoksicheskiy atlas mozga krysa (frontalnye secheniya), 2002 [Stereotaxic rat brain atlas]. Ed. prof. A. Y. Budantseva. Analytical microscopy, Pushino (in Russian).

Vorobjeva, T. M., Koljadko, S. P., 2007. Elektricheskaja aktivnost mozga (priroda, mehanizmy, funktsionalnoe znachenie) [Electrical brain activity (nature, mechanism, functional importance)]. Experimental and Clinical Medicine. 2, 4–11 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 25.04.2014

Рекомендує до друку: канд. біол. наук, доц. В. А. Горбань

HUMAN AND SPACE



A. A. Baldin ✉

UDK 629.764

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave, 72, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

ECOLOGICAL ASPECT OF LAUNCH VEHICLES DEVELOPMENT BY CRITERION OF MINIMAL COST

Abstract. One of the topical problems in modern aerospace engineering is accordance between ecological requirements and performance of the vehicle. On the other hand, problem of economical efficiency leads to change of the main criterion of designing to the minimization of costs (instead of maximal performance). According to modern trends of “low-cost” vehicles, different concepts of the future cost-effective launch vehicles are considered. It is necessary to validate these concepts according to requirements of ecological safety for the purpose of detection of the dominant launch vehicle configuration.

Typical configurations of the future 'low-cost' launch vehicle are presented by 6 conceptual groups (Koelle, 2001).

Conceptual group 1 (CG1) is presented by the Ballistic “Single stage to orbit” (SSTO) reusable vehicle. All vehicles which use classical rocketry scheme of the propulsion trajectory are called “Ballistic” i.e. the ballistic vehicle is lifted to orbit under the impact of rocket engines thrust. CG1-vehicle is able to reach the low earth orbit (LEO) without stage separation reducing the number of required rocket engines. Technological feasibility of SSTO concepts is proven by numerous studies (Koelle, 2001).

CG2 representatives are ballistic “Two stages to orbit” (TSTO) reusable vehicles. The difference between CG1 and CG2 consists in application of vacuum rocket engines in the second stage and, consequently, stage separation. CG2 are the most mass-effective vehicles.

CG3 is presented by the winged SSTO vehicles with rocket propulsion by “Lifting body” aerodynamic scheme. Ascensional force is provided by the aerodynamic shape of the vehicle's structure at high speeds.

Winged TSTO vehicles with rocket propulsion and parallel or tandem staging form the CG4. The winged configuration provides wide landing capability for both stages.

CG5 is presented by winged TSTO vehicles with airbreathing propulsion in the first stage and rocket-propelled second stage. Airbreathing jet engines provide high reusability ratio comparing with other concepts as well as the widest landing capability.

Aerospace Plane with scramjet-rocket propulsion forms CG6. The vehicle is able to reach near-cosmic speed in rarefied layers of the atmosphere and then accelerate with rocket engines.

The most ecologically important resemblance of represented concepts is reusability. This reduces space debris formation (due to lack of waste hardware). Reusable launch vehicles can also be used to return the spent satellites.

✉ Tel.: + 38066-626-81-49. E-mail: baldin.alx@gmail.com

DOI: 10.15421/031427

Structural differences between the concepts form 3 criterions of comparison by ecological impact: 1) propellant toxicity; 2) safety of surface facilities (vehicle damage inside the atmosphere); 3) probability of space debris formation (vehicle damage outside the atmosphere). Comparison of the concepts by these criterions allows substantiating the most ecologically acceptable direction of research.

Results of the comparison demonstrate that the most ecologically acceptable low-cost launch vehicle configuration is: Ballistic SSTO or TSTO reusable launch vehicle with “LOX+LH2” propellant. The results can be explained by following way: combustion products of the propellant “liquid oxygen + liquid hydrogen” are absolutely safe for environment. It also provides maximal performance of rocket engine (due to the highest specific impulse). Ballistic ascent scheme allows using relatively simple technologies and provides high reliability level. In combination with minimal time of atmospheric flight this provides high level of safety for surface facilities. These results may be used for substantiation of dominant research direction.

Keywords: *ecological aspect; launch vehicle; minimal cost.*

УДК 629.764

А. А. Балдин

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, 49010, г. Днепропетровск, Украина,
тел.: + 38066-626-81-49, e-mail: baldin.alx@gmail.com*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СОЗДАНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ

Проведено сравнение современных концепций экономически эффективных ракет-носителей по критерию экологической безопасности, опираясь на токсичность компонентов топлива, вероятность аварии в атмосфере и за её пределами. Сформулированы рекомендации относительно наиболее целесообразного направления дальнейших исследований с учетом экологических факторов.

Ключевые слова: *экологический аспект; ракета-носитель; критерий минимальной стоимости.*

УДК 629.764

О. О. Балдин

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна,
тел.: + 38066-626-81-49, e-mail: baldin.alx@gmail.com*

ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ СТВОРЕННЯ РАКЕТ-НОСІЇВ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНОЇ ВАРТОСТІ

Проведено порівняння найсучасніших концептуальних розробок економічно ефективних ракет-носіїв за критерієм екологічної безпеки, опираючись токсичність компонентів палива, ймовірність аварії в атмосфері та за її межами. Сформульовано рекомендації щодо найбільш доцільного напрямку подальших досліджень з врахуванням екологічних факторів.

Ключові слова: *екологічний аспект; ракета-носій; критерій мінімальної вартості.*

ВСТУП

Сьогодні дедалі більшого значення в космічній діяльності будь-якої держави набувають правила, стандарти та обмеження, пов'язані з охороною навколишнього середовища, екологічною безпекою, тощо. Суворому контролю підлягають всі процеси, пов'язані зі створенням та експлуатацією об'єктів ракетно-космічної техніки. Діють міжнародні стандарти, що регламентують, серед іншого, вимоги до конструктивних матеріалів, що застосовуються (ISO, 2003), або вимоги щодо запобігання утворення космічного сміття (ISO, 2011).

Одночасно, у світовій ракетно-космічній промисловості вкрай значної актуальності набуває проблема економічної ефективності та зменшення витрат. Про значущість цієї проблеми свідчить той факт, що найвпливовіші організації та установи, які займаються космічними дослідженнями і наданням відповідних послуг, офіційно проголошують про жорстку політику зниження витрат, формуючи свої космічні програми відповідним чином (ESA, 2003; NASA, 2004). Надання космічних послуг сьогодні вже не є предметом національного престижу, перетворившись, натомість, на комерційну діяльність, де оптимізація витрат є запорукою конкурентної переваги (Koelle, 1998). На різноманітних світових науково-практичних форумах та конференціях широко представлені доклади, присвячені науковим та інженерним задачам, спрямованим на підвищення економічної ефективності створення виробів ракетно-космічної техніки (РКТ) та їх експлуатації (IAC, 2013). Найближчим часом очікується масштабний перегляд ідеології створення виробів РКТ вбік мінімізації витрат. Зазначається необхідність вибору домінуючого напрямку розвитку РКТ вже сьогодні (Koelle, 2001).

З іншого боку, досвід створення та експлуатації РКТ свідчить про те, що технічні рішення (вибір компонентів палива, траєкторій руху, та інше) іноді не узгоджуються з екологічними вимогами. Це особливо характерно для ракетних комплексів військового призначення.

Метою даної роботи є аналіз найсучасніших технічних концепцій, які передбачають створення РКТ за критерієм мінімальної вартості, на предмет відповідності цих концепцій сучасним екологічним вимогам та стандартам безпеки. На основі проведеного аналізу сформульовано загальні рекомендації щодо вибору пріоритетних напрямів подальших досліджень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Найбільш характерні сучасні концептуальні проекти економічно ефективних виробів РКТ можна умовно розділити на шість основних концептуальних груп (КГ) (Koelle, 2001):

- Концептуальна група КГ-1: Одноступеневі ракети-носії (РН) багаторазового використання з балістичною (традиційною) траєкторією виведення (рис. 1, *a*). Представники: концепт «Delta Clipper» компанії McDonnell Douglas, родина концептів «BETA» німецької компанії MBV, японський концепт «Kankoh Maru».
- КГ-2: двоступеневі РН багаторазового використання з балістичною траєкторією виведення (рис. 1, *b*). Представники: концепт NASA «Kisler», концепт «Neptune» німецької компанії OTRAG.
- КГ-3: Крилаті одноступеневі РН багаторазового використання, що застосовують ракетні двигуни (та наявні на борту компоненти палива) на всіх етапах польоту та виконані за аеродинамічною схемою «Несучий корпус». Представник: концепт «Venture star» компанії Lockheed Martin (рис. 1, *c*).
- КГ-4: Крилаті двоступеневі РН багаторазового використання з паралельною «Пакет» або послідовною «Тандем» схемою розташування ступенів. Представник: концепт «Twins» Джона Пенна (рис. 1, *d*).
- КГ-5: Двоступеневі крилаті РН багаторазового використання, що на першому ступені використовують атмосферні турбореактивні двигуни (рис. 1, *e*). Представник: концепт «SÄNGER» німецької компанії MBV.
- КГ-6: Аерокосмічний гіперзвуковий планер (двоступеневий) багаторазового використання, що застосовує надзвукові прямоточні турбореактивні двигуни (рис. 1, *f*). Швидкість польоту планера теоретично сягатиме 25 Махів, що дозволить йому вийти на низькі навколосемні орбіти. Подібні принципи закладені в проекті NASA X-43 (AIAA, 2006).

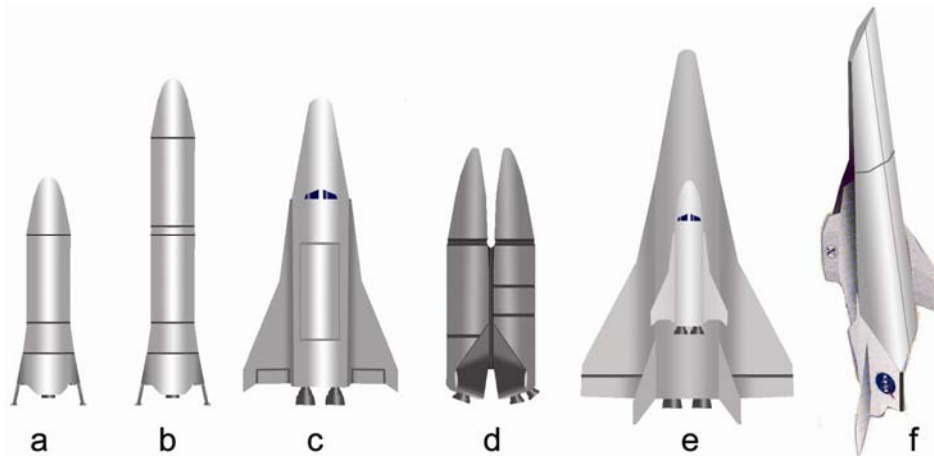


Рис. 1. Концептуальні проекти економічно ефективних літальних апаратів

Важливо зазначити, що всі перелічені концепти мають одну суттєву спільну рису – багаторазовість використання. В роботах (Koelle, 1998, 2001) відзначено суттєві економічні переваги багаторазових літальних апаратів (ЛА), а також потенційна можливість їх створення на базі існуючих технологій. З екологічної точки зору багаторазові ЛА мають наступні переваги:

- *значне зменшення ймовірності утворення космічного сміття* (завдяки поверненню ЛА на землю, відсутності відпрацьованих елементів конструкції);
- *економія природних ресурсів* (завдяки заздалегідь зменшеним об'ємам виробництва);
- *можливість повертати відпрацьовані космічні апарати* (багаторазова РН виводить на орбіту новий космічний апарат, потім виходить на орбіту відпрацьованого, зближується, завантажує і повертає його на землю). Принципово можливим також є збирання та повернення на землю космічного сміття з метою подальшої переробки.

Принципові, конструктивні та технологічні відмінності між концептами зумовлюють перелік параметрів їх порівняння за ознакою дотримання екологічних вимог:

- 1) токсичність застосованих компонентів палива;
- 2) небезпека руйнування наземних об'єктів внаслідок можливої аварії під час перебування РН в атмосфері;
- 3) небезпека руйнування ЛА за межами атмосфери (та ризик утворення космічного сміття).

Порівняння проведено за наступною методикою. Токсичність застосованих компонентів палива враховується шляхом помноження відносного коефіцієнту токсичності палива k_p на відносну тривалість перебування ЛА в атмосфері. Відносний коефіцієнт токсичності палива прийнято рівним нулю для ЛА, що використовують паливну пару «Рідкий кисень + рідкий водень», оскільки вона вважається практично безпечною. Для ЛА, що використовують турбореактивні атмосферні двигуни (тобто атмосферне повітря в якості окисника та вуглеводневе паливо) коефіцієнт k_p розраховується як відношення часу роботи турбореактивного двигуна до повної тривалості перебування ЛА в межах атмосфери.

Відносна тривалість перебування в атмосфері розраховується через довжину атмосферної ділянки польоту кожного ЛА, що встановлено на основі схем виведення та повернення (AIAA, 2006; Koelle, 2001), які проілюстровані на рис. 2.

З метою забезпечення адекватності порівняння, значення тривалості перебування певних ЛА в атмосфері приведено в зменшувальному масштабі відносно найбільшого значення. Результати розрахунку наведено в табл. 1.

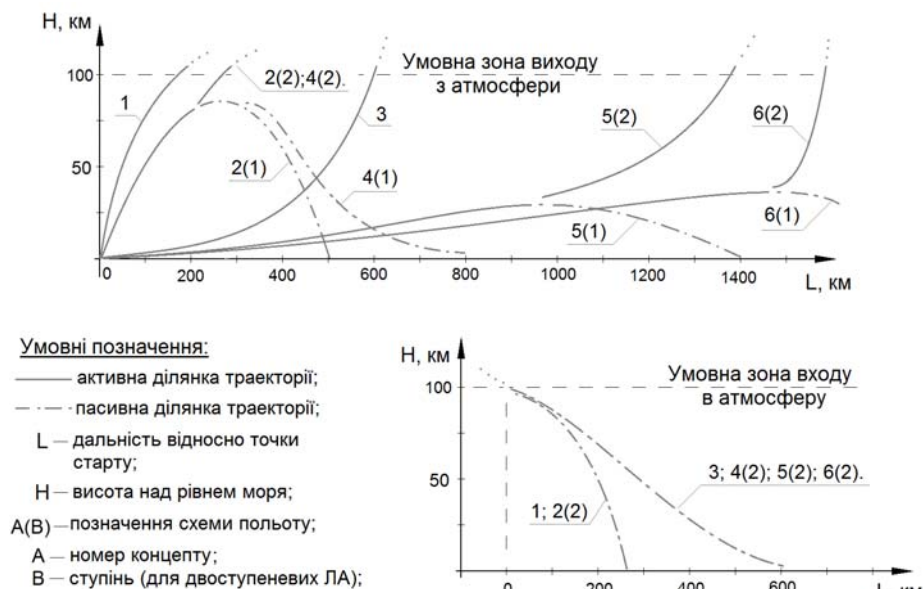


Рис. 2. Прийняті схеми виведення та входу в атмосферу

Небезпека для наземних об'єктів при аварії враховується шляхом помноження відносної тривалості перебування ЛА в атмосфері на коефіцієнт технологічної складності k_t . Подальші міркування базуються на припущенні, що підвищення технологічної складності призводить до зниження надійності ЛА (відповідно, збільшення ризику аварії). Значення коефіцієнту k_t залежить від кількості нових та/або складних технологій, що застосовано в кожному конкретному концепті. Порівняння технологічної складності концептів детально приведено в роботі (Koelle, 2001).

Таблиця 1

Оцінка відносної тривалості перебування ЛА в атмосфері

№ КГ	Ступінь	Довжина зльоту в атмосфері, км	Довжина посадки в атмосфері, км	Повна довжина атмосферної ділянки польоту, км	Відносна тривалість перебування в атмосфері, од.
1		223,6	269,2	492,8	0,16
2	I	221,5	298,2	846,1	0,28
	II	55,1	271,3		
3		608,3	598,4	1206,7	0,39
4	I	218,6	555,3	1443,6	0,47
	II	58,1	611,6		
5	I	960,3	456,8	2426,4	0,79
	II	406,6	602,7		
6	I	1522,0	814,7	3070,4	1,00
	II	123,8	609,9		

Небезпека руйнування за межами атмосфери враховується через значення коефіцієнту k_t без додаткових множників.

Інтегральний показник екологічно негативного впливу визначається як сума показників токсичності компонентів палива, небезпеки для наземних об'єктів та небезпеки руйнування поза атмосферою.

Таблиця 2

Результати розрахунку інтегрального показника негативного впливу

№ концепту	Умовна тривалість перебування в атмосфері	k_n	k_r	Токсичність компонентів палива	Небезпека для наземних об'єктів	Небезпека руйнування поза атмосферою	Інтегральний показник негативного впливу
1	0,16	0	1,00	0	0,16	1,00	1,16
2	0,28	0	2,00	0	0,56	2,00	2,56
3	0,39	0	2,70	0	1,05	2,70	3,75
4	0,47	0	3,70	0	1,74	3,70	5,44
5	0,79	0,60	4,30	0,47	3,40	4,30	8,17
6	1,00	0,92	7,00	0,92	7,00	7,00	14,92

З табл. 2 можна побачити, що крилаті ЛА мають суттєво більший інтегральний показник негативного екологічного впливу. Це пояснюється вкладом показника небезпеки для наземних об'єктів, а також підвищеною технологічною складністю даної групи концептів.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз найсучасніших концептуальних проектів перспективних ракетно-космічних комплексів не виявив суттєвих протиріч між вимогами екологічної безпеки та мінімальної вартості. Тим не менш, досліджені відмінності між концепціями економічно-ефективних РН дозволяють сформулювати певні рекомендації щодо вибору напрямку подальших робіт, а саме: з врахуванням вимог екологічної безпеки найбільш раціонально орієнтувати дослідження в бік багаторазових ЛА, що виводяться за балістичною схемою, мають мінімальний час перебування в атмосфері при приземленні а також застосовують паливну пару «Рідкий водень + рідкий кисень» на всіх ступенях (концепти №1, та №2). Слід відзначити, що концепції зазначеної конфігурації водночас є найбільш економічно ефективними серед розглянутих (Koelle, 2001). Такий збіг можна пояснити спорідненою природою екологічних та економічних властивостей, що підтверджує правильність обраного напрямку досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Cost engineering** for cost-effective space programmes – ESA bulletin 115 – august 2003 / www.esa.int
- IAC Final Programme – International Aeronautical Congress / Beijing, China. 2013 / www.iac2013.org
- ISO 14624-1:2003(E). Space systems – safety and compatibility of materials.
- ISO 2024113:2001(E). Space systems – space debris mitigation requirements.
- KOELLE, Dietrich, E., 1998.** Cost engineering – the new paradigm for space launch vehicle design. Journal of Reducing space mission cost. 1. 14 p.
- KOELLE, Dietrich, E., 2001.** How Much New Technology is Required for Future Reusable Launch Systems. Symposium on Impact of Space Technology on Economic Development. China, Shanghai. www.spacefuture.com
- The vision for space exploration – NASA, February 2004 / www.nasa.gov
- X-43: Scramjet Power Breaks the Hypersonic Barrier / Dryden Lecture 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit / January 2006.

Стаття надійшла в редакцію: 29.05.2014

Рекомендує до друку: канд. техн. наук, стар. наук. співр. В. В. Хуторний

SHORT REPORTS



V. P. Pishak ✉

Dr. Sci. (Medic.), Professor

UDK 57:165.745(091)

*Bukovinian State Medical University,
Theatralna Sqr., 2, 58002, Chernivtsi, Ukraine*

V. I. VERNADSKY AND DEVELOPMENT OF THE THEORETICAL FOUNDATIONS OF ECOLOGY

Abstract. 150-years have passed since the birth of famous Ukrainian and Russian scientist, academician V. I. Vernadsky (1863–1945) – the founder and the first president of the Ukrainian Academy of Sciences (UAS), as well as the first scientific library in Ukraine.

The genius of scientific predictions of V. I. Vernadsky is undeniable: he is the founder of geochemistry, biochemistry and genetic mineralogy; the doctrine about living substance and its role in the evolution of the biosphere and the noosphere theory; the reasoning of the concept of the biosphere – the sphere of living organisms, their place and role in placental scope; the development of biogeochemistry. "There is no more stable "acting" chemical force on the Earth than all the living organisms" – V. I. Vernadsky pointed (Vernadsky, 1965).

The scientist pointed that even in the early stages of life nascence the populations and communities always have been evolved. Thus, there is a set of organisms that are closely interacted with each other and with inanimate nature has arisen.

According to Vernadsky, from the very beginning of the emergence of the biosphere, the living components (biomonomers and biopolymers) were differed by a great variety. Without such an initial heterogeneity of living systems on Earth, the conversion of solid, liquid and gaseous substances could not be carried out. Thus, the heterogeneity of the biosphere correlated with a variety of physical and chemical organization of different parts of the earth's surface.

The chemical elemental composition of the earth's surface as well as elemental composition of living organisms, which are directly involved in chemical transformations on Earth, have never been significantly changed during whole geological history. "The variety of living substance, and life have always performed various biogeochemical functions at the same time" – V. Vernadsky pointed.

The chemical transformations, the circulation of substance are evolving in the same time, they are interconnected with the circulation of chemicals, which in turn depend on rain, seasonal and other cyclic changes of light, temperature, pressure – meaning the chronoperiodic changes – V. I. Vernadsky followed the idea of continuity of living substance in outer space.

Both – tasks and methodological bases of geochemistry and biogeochemistry were based in the theoretical ecology – environmental aspects of evolution, the principles of systemic analysis, biocenology problems, mathematical modeling, chronoperiodic reaction etc.

Theoretical principles of ecology, developed by V. I. Vernadsky, their practical solution in some sections of biology led to the formation of different ecological areas: animal's, plant's and microorganism's ecology, engineering ecology and others. Scientist drew the great attention to human ecology. With the changing of socio-economic formations, a role of a human in biosphere life has

✉ Tel.: +3803-723-30-21. E-mail: biology@bsmu.edu.ua

DOI: 10.15421/031428

increased, especially in an era of scientific and technological revolution. The human activities as a source of energy, the active economic activity of *Homo sapiens*, the appearance of chemicals of anthropogenic origin, – these and many other directions of human activity allowed V. I. Vernadsky substantiate the place and role of new environmental factor – the noosphere, and hence a new research area – noospherology.

Theoretical bases of ecology, developed by V. I. Vernadsky, find their practical implementation in medicine: the development of molecular genetics, genomic medicine, and detection of genetic predisposition to many diseases, so-called multifactorial diseases, environmental protection, the formation of new medicine areas – predictive, preventive, personalized and participatory one.

Nowadays, the biomedical community, motivated by works of V. I. Vernadsky, faces the new horizons of therapy, diagnostics and prevention of diseases, based on the environmental factors.

Key words: *V. I. Vernadsky, biosphere, ecology.*

УДК 57:165.745(091)

В. П. Пишак

д-р мед. наук, проф.

*Буковинський державний медичний університет,
Театральна площа, 2, 58000, г. Чернівці, Україна,
тел.: + 3803-723-30-21, e-mail: biology@bsmu.edu.ua*

В. И. ВЕРНАДСКИЙ И РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭКОЛОГИИ

В работе кратко обобщено научное наследие В. И. Вернадского, – основоположника геохимии, биохимии, генетической минералогии, учения о живом веществе, эволюции биосферы и теории ноосферы. Разработанные ученым научные проблемы положены в основу общей экологии и в частности экологии человека и медицинской экологии.

Ключевые слова: *В. И. Вернадский, биосфера, экология.*

УДК 57:165.745(091)

В. П. Пішак

д-р мед. наук, проф.

*Буковинський державний медичний університет,
Театральна площа, 2, 58000, м. Чернівці, Україна,
тел.: +3803-723-30-21, e-mail: biology@bsmu.edu.ua*

В. І. ВЕРНАДСЬКИЙ І РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ ЗАСАД ЕКОЛОГІЇ

Узагальнено наукову спадщину В. І. Вернадського – основоположника геохімії, біохімії, генетичної мінералогії, вчення про живу речовину, еволюцію біосфери та теорії ноосфери. Розроблені спрямування покладено в основу теоретичних засад екології, зокрема екології людини та медичної екології.

Ключові слова: *В. І. Вернадський, біосфера, екологія.*

Прогресивна наукова спільнота відзначила 150-річчя від дня народження видатного українського та російського вченого, академіка В. І. Вернадського (1863–1945), одного із засновників і першого президента ВУАН, засновника першої наукової бібліотеки в Україні (тепер Центральна наукова бібліотека НАН України імені В. І. Вернадського), члена цілої низки закордонних Академій наук.

Геніальність наукових передбачень В. І. Вернадського незаперечна: основоположник геохімії, біохімії та генетичної мінералогії, вчення про живу речовину, її роль в еволюції біосфери та теорії ноосфери, як якісно нового стану розвитку біосфери; виділення в самостійну науку – геохімію – науку про історію хімічних елементів на планеті Земля; обґрунтування поняття про біосферу – сферу живих організмів, місце і роль їх у планетарному масштабі; значення живої речовини в геологічній історії нашої планети як рушійної сили і доцільності розвитку нового наукового напрямку біогеохімії.

Ідеї В. І. Вернадського вплинули як на становлення геохімічної екології, так і розвиток теоретичних засад екології взагалі.

Заслуга В. І. Вернадського полягає не тільки у визначенні нового самостійного наукового напрямку геохімії як науки про історію атомів хімічних елементів на планеті Земля, а і в обґрунтуванні основних завдань щодо з'ясування впливу живої речовини на геохімічні утворення. Він був першопрохідцем, хто усвідомив роль живої речовини в геологічній історії нашої планети. «На Землі немає більшої постійної «діючої» хімічної сили ніж живі організми, взяті разом» – зазначав В. І. Вернадський. Історичний підхід в еколого-геохімічному аналізі сприяв формуванню нового наукового напрямку – біогеохімії.

У доповіді «Значення біогеохімії для пізнання біосфери» (1935) В. І. Вернадським окресленні завдання цього спрямування: визначення ролі різних хімічних елементів в еволюції живих організмів; вивчення хімічного складу живих організмів та роль хімічних елементів у розвитку, формуванні макро- і мікроелементного складу живої матерії; з'ясування взаємодії між різними хімічними елементами у певних біохімічних процесах; вплив геохімічного середовища на еволюційні ланки живої речовини; визначення ролі живої речовини в геохімічних процесах та кругообігу хімічних елементів; аналіз біогеохімічних циклів хімічних елементів у часі та просторі. В. І. Вернадський обґрунтував методологічні основи геохімії та біогеохімії.

Як самі завдання, так і методи їх вирішення було покладено в основу теоретичної екології: екологічні аспекти еволюції, принципи системного аналізу, проблеми біоценології, математичне моделювання, хроноперіодичні реакції тощо.

Біогеохімія вивчає геологічні наслідки діяльності живої речовини. В. І. Вернадський зазначає: «Біогеохімія запроваджує нове розуміння живої природи, яка поглиблює і доповнює старе; розглядаючи живий організм в аспекті біосфери, біогеохімії бере до уваги атоми, які входять до його складу і які нерозривно пов'язані з атомами, що входять до складу біосфери. Життя проявляється у неперервних у планетарному масштабі закономірностях міграції атомів в один бік – з біосфери в живу речовину і в зворотній бік – із живої речовини в біосферу» (Vernadsky, 1991).

Теоретичні проблеми екології, їх практичне розв'язання в окремих розділах біології сприяли становленню різних екологічних напрямків: екологія тварин, рослин, мікроорганізмів, інженерна екологія та ін. Велика увага науковців зосереджена на екології людини.

Біосфера розглядається як система, що може забезпечити необхідне тривале існування людини на нашій планеті за умов переходу її у вищу стадію розвитку – ноосферу, в якій відносини людини з природою керуються людським розумом і орієнтовані на стійке збереження біосфери і людської цивілізації. Збереження здоров'я людини можливе за умов якщо сама людини буде сприяти не тільки охороні, але і оздоровленню природного середовища. Незаперечно, що антропогенні чинники за часом виникнення в біосфері істотно поступаються природним чинникам. Але за глибиною впливу на живу природу і середовище існування екологічна роль людини мала суттєві відмінності. На початкових етапах малочисельність людей і примітивний розвиток виробничих сил антропогенний пресинг був незначним. Зі збільшенням народонаселення, з розвитком людського суспільства, зі зміною суспільно-економічних формацій зростала роль людини в житті біосфери.

Охорона і оздоровлення природи не може розглядатися уособлено від охорони життя і здоров'я населення. Для покращення здоров'я населення, запобігання і ліквідації хвороб важливе значення має забезпечення людей чистим повітрям, водою, екологічно чистою їжею тощо.

У сучасній екології, в епоху науково-технічної революції коли діяльність людини стала джерелом енергії, величезних технічних можливостей, внаслідок активної господарської діяльності людини в більшості випадків погіршується якість

природного середовища від якого залежать процеси життєдіяльності організму і стан здоров'я людей. Так, не менше 20 % захворювань виникає внаслідок порушення екологічної ситуації і природних процесів у біосфері. Між здоров'ям людини і впливом на неї екологічних чинників (біотичних, абіотичних та антропогенних) існує тісний зв'язок. Вивчення процесів, що відбуваються в екосистемах, сприяє розумінню шляхів міграції біотичних компонентів, хімічних сполук антропогенного походження, зданих впливати на здоров'я людини.

Класик російської медицини XIX ст. М. Я. Мудров писав «Лікар лікує не хворобу, а хворого...Кожний хворий за своїми характерологічними особливостями вимагає особливого лікування, хоча хвороба одна і та ж». Чітко визначено характер індивідуалізованої медицини. Виняткового значення вказане застереження набуває в наших умовах, – ідея персонального підходу до хворого важлива у вік розвитку молекулярної генетики, становлення концепції геномної медицини з метою підвищення якості медичної допомоги (Zaporozhan et al., 2008).

Запровадження теоретичних засад екології у медицині вимагає переходу від медицини яка реагує на хворобу і бореться з симптомами на медицину предиктивну, превентивну, персоналізовану і партисипаторну (медицину участі) – тобто в медицину, спрямовану на передбачення хвороби до її симптоматичних проявів; на запобігання хвороб; яка враховує індивідуальні і перш за все генетичні особливості пацієнта, у виявленні генетичної схильності та запровадженні превентивних заходів (Puzyrev, 1997, 2001).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Puzyrev, V. P., 1997. Patologicheskaya anatomia genoma cheloveka [Pathological anatomy of the human genome]. STT, Tomsk (in Russian).

Puzyrev, V. P., 2001. Volnosty genoma i medycynskaya patogenetika [Genome liberty and medical pathogenetic]. Print Manufactory, Tomsk (in Russian).

Vernadsky, V. I., 1965. Hymicheskoe sostoyanie biosfery Zemly i ee okruzenie [The chemical state of the Earth's biosphere and its environment]. Nauka, Moscow (in Russian).

Vernadsky, V. I., 1980. Problemy biogeokhimii [Problems of biogeochemistry]. Nauka, Moscow (in Russian).

Vernadsky, V. I., 1991. Nauchnaya mysl' kak planetarnoe yavlenie [Scientific thought as a planetary phenomenon]. Nauka, Moscow (in Russian).

Vernadsky, V. I., 2005. Vybrani praci [Selected works]. Naukova Dumka, Kyiv (in Ukrainian).

Zaporozhan, V. N., Kordyum, V. A., Bazhora, Y. I., 2008. Genetychna medycyna [Genetic medicine]. Ed. V. M. Zaporozhan. Odessa State Med. University, Odessa (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 28.03.2014

Рекомендує до друку: канд. біол. наук, проф. В. І. Шанда

REVIEWS



N. A. Bilova¹

A. P. Travleyev²✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

Corresponding member
of NAS Ukraine,

Dr. Sci. (Biol.), Professor

¹*Academy of Customs Service of Ukraine,
Rogalova str., 8, 49000, Dnipropetrovsk, Ukraine*

²*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave, 72, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine*

Sumarokov A. M. Renewal of biotic potential of biogeocenoses at reduction in pesticide loadings. – Donetsk, 2009. – 194 p.

Abstract. Maintenance of ecological balance is an important aspect of rational nature management, environmental protection, human health preservation.

It is known that a pesticidal press is a substantial ecological factor affecting the structure and the elements of cenosis. However, estimation of the state of cenoses and predicting their response on the anthropogenic influences are often difficult, and sometimes are simply impossible for lack of data on many directions of anthropogenic influence, including in pesticide loadings. In this connection, the monograph of A. M. Sumarokov appears as an extremely actual one, because it fills in the blank of our knowledge on the indicated issue. During many years, including the time of wide use of pesticides (1983–1989) and the period of considerable reduction of their use (1999–2005), the author was conducting the study of comparative species composition and ecological structure of herpetobiont Coleoptera in the main cenosis of Ukrainian steppe zone. The results of the long-term regular field stationary watching the state of koleopterofauna are unique not only for Ukraine but also for all space of the former USSR. The conclusions of the author bring a substantial contribution to entomology, in particular to impression and formation of entomocomplexes of agrocenoses and adjoined biogeocenosis. It is convincingly shown by the author, that the intensification of agricultural production, based on wide-range application of pesticides, reduces the biotic potential of biogeocenoses catastrophically. Thus, the reduction of the use of pesticides does not cause the height of losses of harvest of basic agricultural crops; obviously, it is related to strengthening of regulator activity of entomofags, the closeness of that in the second period of researches grew more than in 10 times as compared to the first period. In addition, through the analysis of the findings A. M. Sumarokov made the row of interesting theoretical substantiations, in particular, about coenotic status of agrobiocenoses considered by the author not as artificial formations, but as anthropogenically broken natural biocenoses, they also bring a substantial contribution to ecological science. With regards to practical recommendations, they are fully reasonable and have an important national economic value. The monograph of A. M. Sumarokov is a fundamental contribution to ecological science, and its substantive findings can be applied with some nuances in any country of the world, growing the field agricultural crops.

Keywords: *a pesticidal press, entomocomplexe, Ukrainian steppe zone.*

✉ Tel.: + 38067-267-37-16. E-mail: bnaitap@i.ua

DOI: 10.15421/031429

Н. А. Білова¹
А. П. Травлєєв²

д-р біол. наук, проф.
чл.-кор. НАН України,
д-р біол. наук, проф.

¹Академія митної служби України,
вул. Рогальова, 8, 49000, м. Дніпропетровськ, Україна
²Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна,
тел.: + 38067-267-37-16, e-mail: bnaitap@i.ua

**Сумароков О. М. Відновлення біотичного потенціалу біогеоценозів
при зменшенні пестицидних навантажень. – Донецьк, 2009. – 194 с.**

Відомо, що пестицидний прес – суттєвий екологічний фактор, що впливає на структуру й елементи ценозів. Однак, оцінка стану ценозів і прогнозування їх реакції на антропогенний вплив часто ускладнені, а іноді й просто неможливі через відсутність даних за багатьма напрямками антропогенного впливу, в тому числі і за пестицидним навантаженням. У цьому плані монографія О. М. Сумарокова представляється вкрай актуальною, оскільки заповнює прогалину наших знань із зазначеної проблеми.

Автором переконливо показано, що інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, заснована на широкомасштабному застосуванні пестицидів, катастрофічно знижує біотичний потенціал біогеоценозів. При цьому скорочення масштабу використання пестицидів не викликає зростання втрат врожаю основних сільгоспкультур, що, очевидно, пов'язано з посиленням регуляторної діяльності ентомофагів, щільність яких зросла більш ніж в 10 разів при зниженні обсягів пестицидів, що використовувалися. Крім того, на підставі аналізу отриманих матеріалів О. М. Сумароков висловив ряд цікавих теоретичних положень, зокрема, про ценотичний статус агробіоценозів, що розглядаються автором не як штучні утворення, а як антропогенно порушені природні біоценози, які також вносять істотний внесок в екологічну науку. Що стосується практичних рекомендацій, то вони цілком обґрунтовані і мають важливе народно-господарське значення. Монографія О. М. Сумарокова є фундаментальним внеском в екологічну науку, а основні її положення можуть бути з деякими нюансами застосовані в будь-якій країні світу, яка вирощує польові сільськогосподарські культури.

Ключові слова: пестицидний прес, ентомокомплекс, степова зона України.

Н. А. Белова¹
А. П. Травлєєв²

д-р биол. наук, проф.
чл.-кор. НАН Украины,
д-р биол. наук, проф.

¹Академия таможенной службы Украины,
ул. Рогалева, 8, 49000, г. Днепропетровск, Украина
²Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
просп. Гагарина, 72, 49010, г. Днепропетровск, Украина,
тел.: + 38067-267-37-16, e-mail: bnaitap@i.ua

**Сумароков А. М. Восстановление биотического потенциала
биогеоценозов при уменьшении пестицидных нагрузок. –
Донецк, 2009. – 194 с.**

Рецензенты: А. В. Ивашов, д-р биол. наук, проф. Таврического национального
университета им. В. И. Вернадского;
Ярошенко Н. Н., д-р биол. наук, проф. Донецкого национального университета

Известно, что пестицидный пресс – существенный экологический фактор, воздействующий на структуру и элементы ценозов. Однако, оценка состояния ценозов и прогнозирование их реакции на антропогенные воздействия часто затруднены, а иногда и

просто невозможны из-за отсутствия данных по многим направлениям антропогенного воздействия, в том числе и по пестицидной нагрузке. В этой связи монография А. М. Сумарокова представляется крайне актуальной, ибо восполняет пробел наших знаний по указанной проблеме.

Автором убедительно показано, что интенсификация сельскохозяйственного производства, основанная на широкомасштабном применении пестицидов, катастрофически снижает биотический потенциал биогеоценозов. При этом сокращение масштаба использования пестицидов не вызвало роста потерь урожая основных сельхозкультур, что, очевидно, связано с усилением регуляторной деятельности энтомофагов, плотность которых возросла более чем в 10 раз при снижении объемов используемых пестицидов. Кроме того, на основании анализа полученных материалов А. М. Сумароков высказал ряд интересных теоретических положений, в частности, о ценотическом статусе агробиоценозов, рассматриваемых автором не как искусственные образования, а как антропогенно нарушенные природные биоценозы, которые также вносят существенный вклад в экологическую науку. Что касается практических рекомендаций, то они вполне обоснованы и имеют важное народно-хозяйственное значение. Монография А. М. Сумарокова является фундаментальным вкладом в экологическую науку, а основные ее положения могут быть с некоторыми нюансами применены в любой стране мира, выращивающей полевые сельскохозяйственные культуры.

Ключевые слова: пестицидный пресс, энтомокомплекс, степная зона Украины.

Монография посвящена насущным проблемам увеличения урожая сельскохозяйственных культур, рационального использования природных ресурсов, охране окружающей среды и здоровью человека, росту его культуры и благосостояния. Решение поставленных задач определяется с одной стороны, комплексом антропогенных и природных факторов, с другой – успехами селекции, свойствами и качеством семенного материала, научными основами систем земледелия, рациональной структурной посевных площадей.

С интенсификацией земледелия и с увеличением урожаев соответственно возрастает необходимость выработки мер по сохранению полученной продукции, предотвращению потерь, причиняемых животными-вредителями растений и фитопатогенными микроорганизмами.

Принято считать, что увеличение площадей, занятых сельскохозяйственными культурами, коренным образом изменяют природное равновесие. Созданные искусственные агроценозы, весьма обедненные по видовому составу сравнительно с биоценозами естественных биотопов, создают неограниченные кормовые ресурсы для растительных насекомых и других животных – олиго- и монофагов. Однако, в системе земледелия научно вырабатывается тот или иной способ землепользования и земледелия, которые отвечают конкретному историческому этапу развития общества. Учитывая эти обстоятельства, К. А. Тимирязев писал: «...культура поля всегда шла рука об руку с культурой человека, то есть повышалась, совершенствовалась по мере накопления практического опыта и научных знаний» (Собр. соч. Т. 5).

Академик В. П. Васильев (1973) отмечает, что мероприятия по борьбе с вредителями должны осуществляться не как случайный, а как постоянно действующий фактор, так как иначе природа сбалансирует биологическую группировку агроценоза по своим законам равновесия численности популяции. Автор монографии доктор биологических наук, профессор А. М. Сумароков впервые в биологической и сельскохозяйственной науке, используя многолетний разрыв планового использования пестицидных нагрузок, вызванных кризисными явлениями в стране, применив современные комплексные и системные методы исследований и, координируя свои исследования с Научным Советом по проблемам почвоведения Национальной академии наук Украины и с Национальной аграрной академией наук Украины, выполнил величайшего значения работу, направленную на расшифровку

механизма восстановления биотического потенциала в культурбиогеоценозах при уменьшении пестицидных нагрузок.

Работая десятки лет в составе научной Комплексной экспедиции Присамарского биосферного стационара ДНУ им. О. Л. Бельгарда – научно-учебного центра Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара; в Институте зернового хозяйства Национальной аграрной академии наук Украины, автор монографии овладел и усовершенствовал методы биогеоценологических системных исследований.

Решение задач исходит из методологического принципа классификации наук, согласно которой **биология является теоретической основой медицины и сельского хозяйства.**

Исходя из этого методологического принципа, монография рассматривает «агроценоз» как агробиогеоценоз (культурбиогеоценоз, культурфитоценоз) с позиций анализа взаимодействия двух подсистем – агробиогеоценоза и комплекса хозяйственных мероприятий. В книге ликвидирован крупный пробел, когда некоторые исследователи отмежевывают понятие «агроценоз» от понятий «биогеоценоз» (акад. В. Н. Сукачев, 1964).

Ознакомившись с монографией А. М. Сумарокова невольно возникает необходимость учитывать также и позицию в этом вопросе В. И. Вернадского. Здесь, естественно, всплывает вопрос об управлении этими процессами. В работе «Живое вещество» (1978) В. И. Вернадский серьезно предупреждал натуралистов от чрезмерного увлечения абстрактными знаниями, оторванными от понимания всей природы как единого целого. Касаясь вопросов физико-химического единства живого вещества, ученый отмечал, что «...все живое вещество Земли физико-химически едино». Из этого вытекает следствие: вредное для одной части живого вещества не может быть безразлично для другой его части. Отсюда, любые физико-химические агенты смертельны для одних организмов (например, средства борьбы с вредителями – пестицидами), не могут не оказывать вредного влияния на другие организмы. Вся разница состоит лишь в степени устойчивости видов к агенту. Поскольку в любой многочисленной популяции всегда находятся разнокачественные особи, в том числе менее и более устойчивые к физико-химическим влияниям, скорость отбора по выносливости популяций к вредному агенту прямо пропорциональна скорости размножения организмов, быстроте чередования поколений.

Исходя из этого, при растущем воздействии физико-химического фактора, к которому организм с относительно медленной сменой поколений устойчив, по сравнению с менее устойчивым, но быстрее размножающимся видом, их способность противостоять рассматриваемому фактору уравнивается. Значит, длительное применение химических методов борьбы с вредителями растений и возбудителями болезней человека и теплокровных животных экологически не приемлемо. С отбором устойчивых особей быстро размножающихся членистоногих нормы обработки приходится увеличивать, однако и эти увеличенные концентрации оказываются малоэффективными, но тяжело отражающимися на здоровье людей и позвоночных животных. Внутри глобального живого вещества имеется сложная взаимосвязь – в данный геологический период существует как бы единая сеть жизни. Разрывы этой сети создают в ней нечто подобное дырам – снижают устойчивость всей системы. Например, исчезновение копытных в степи функционально заменяют грызуны. Необходимо сохранение некоторого минимума видового разнообразия, которое обеспечивает устойчивость всей биосферы.

Уточнение понятий культурфитоценологии и биогеоценологии рассматривается в научной литературе не один десяток лет. Так, например, Ю.П. Бяллович (1936) в работе «Введение в культурфитоценологию» отмечает: «...исходя из понимания

фитоценоза В. Н. Сукачевым, развитием идей которого автор позволяет себе считать настоящую статью, можно дать следующее определение культурфитоценоза: культурфитоценозом называется определенная культура растений, рассматриваемая как совокупность растений, характеризующаяся определенными взаимоотношениями между растениями и между растениями и средой, возникающими в результате наложения реакции ландшафта и борьбы за существование на комплекс целеустремленных растениеводческих мероприятий человека». Однако, как считает Ю. П. Бяллович (1936), культуры как фитоценозы не изучались и даже вопрос о необходимости такого изучения достаточно энергично не ставился. Действительно, естественные фитоценозы исследовались В. Н. Сукачевым и результаты этих исследований опубликованы во многих статьях и монографиях. Из перечня напечатанных статей и монографий видно, что действительно культурбиогеоценозам отведено недостаточное внимание. Приведем примеры, которые это доказывают: «Введение в учение о растительных сообществах» (1915, 1915, 1915); «О терминологии в учении о растительных сообществах» (1918, 1918, 1918); «О некоторых основных понятиях в учении о растительных сообществах» (1919, 1921, 1921); «Введение в фитоценологию» (1922); «Фитосоциологические очерки» (1923, 1923); «Экспериментальная фитосоциология» (1924, 1925); «Фитосоциология» (1926, 1926, 1927); «Растительные сообщества. Введение в фитосоциологию» (1928); «Что такое фитоценоз?» (1934); «Терминология основных понятий фитоценологии» (1935); «Фитоценология» (1936); «Фитоценоз» (1936); «Фитоценология» (1936); «Идеи развития в фитоценологии, предложено учение о биогеоценологии» (1942); «Биогеоценология и фитоценология» (1945); «Советское направление в фитоценологии» (1948); «Проблемы фитоценоза» (1948); «Фитоценология, биогеоценология и география» (1948); «Задачи стационарного фитоценологического изучения дубового леса» (1949); «О некоторых основных вопросах фитоценологии» (1950); «Культурфитоценология» (1953); «Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии» (1954); «Из истории возникновения и развития советской фитоценологии» (1959); «Экспериментальная фитоценология и ее отношения к экспериментальной биогеоценологии» (1962); «Основы лесной биогеоценологии» (1964). Таким образом, мы вслед за В. Н. Сукачевым считаем, что Ю. П. Бяллович является приоритетным ученым в научном направлении о культурбиогеоценозах.

Здесь необходимо прочеркнуть, что В. Н. Сукачев твердо стоял на позициях культурбиогеоценологити, и не зря имя Ю. П. Бялловича неоднократно цитируется на страницах «Основ лесной биогеоценологии». В доказательство этому можно привести письмо, написанное В. Н. Сукачевым на имя А. Л. Бельгарда 2 февраля 1965 года: «Глубокоуважаемый и дорогой Александр Люцианович! Только что получил Ваше письмо от 30.01. Я сторонник широкого понимания экспериментальной геоботаники (фитоценологии), поэтому я согласен с тем содержанием, которое Вы вкладываете в это понятие. Степное лесоразведение, конечно, следует рассматривать как особого типа ответ, заложенный в природе. Также я считаю, что если при изучении естественных фитоценозов, например, применяются приборы для изучения фотосинтеза или водного режима растений, то эти работы надо относить к экспериментальной геоботаники. Однако В. Т. Карпов, да и некоторые другие геоботаники, эти исследования не относят к экспериментальным. Я полагаю, что Вы имеете все основания следовать своему пониманию экспериментальной геоботаники (фитоценологии).

Шлю Вам искренний привет и наилучшие пожелания. Вчера на общем собрании всей Академии наук СССР президент АН академ. М. В. Келдыш в своем длинном вступительном слове очень решительно охарактеризовал всю деятельность академ. Лысенко как сугубо отрицательную. Затем были еще выступления нескольких академиков и членов-корреспондентов в том же духе. Была принята общая резолюция, одобряющая выступление Президента.

Шлю Вам искренний привет и добрые пожелания. В. Сукачев (факсимиле письма прилагается).

2. II. 1965.

Трудноуловляемый и дорогой
Александр Иванович!

Получено это письмо Ваше письмо
от 20. I.

Я сторонник широкого понима-
ния экстенсивной геоботаники,
поэтому я согласен с тем садер-
фандом, который Вы вкладываете
в это понятие.

Степень несовершенства, конечно,
следует рассматривать, как особую
типичность, зафиксированную в природе.

Наконец и очевидно, что если при
применении соответствующих фотосис-
тем, напр., при применении прибора для
изучения фотосинтеза или водного
растения растений, то эти работы
надо относить к экстенсивной
геоботанике.

Однако; В. Т. Карпов, да и некото-
рые другие геоботаники эти иссле-
дования не относят к экстенсив-
ной геоботанике.

Факсимиле письма академика В. Н. Сукачева профессору А. Л. Бельгарду

В классическом труде «Основы лесной биогеоценологии» (под редакцией В. Н. Сукачева и В. Н. Дылиса) отмечается, что «... комплексный всесторонний системный подход является наиболее подходящим в развитии экспериментальной агробиогеоценологии или лесной культурфитоценологии».

В сущности, всякая культура – лесная или сельскохозяйственная, под определенным углом зрения может рассматриваться как объект экспериментального изучения не только фитоценологии, но и биогеоценологии, в этом смысле особым разделом фитоценологии является так называемая культурфитоценология. **Создание культурфитоценозов всегда связано с изменением почвенных условий, а в известной степени, также гидрологических и климатических условий и фауны (зооценоза) и потому представляет собой, в сущности, создание новых биогеоценозов, или культурбиогеоценозов» (Сукачев, 1964, с. 47).**

Таким образом, монография А. М. Сумарокова «Восстановление биотического потенциала биогеоценозов при уменьшении пестицидных нагрузок», является одной из первых наиболее фундаментальных работ, посвященных развитию культурбиогеоценологии (как частной агробиогеоценологии и агрономии).

Монография в структурном отношении состоит из 7 разделов, 75 подразделов различного порядка, введения, заключения, списка использованной литературы, приложений.

Во введении автор знакомит читателя с проблемами норм и тактики внесения пестицидов и их влияние на потенциальные урожаи сельскохозяйственных культур.

В разделах 1, 2, 3 приводится краткая методика исследований и характер почвенно-климатических условий исследуемого региона.

Раздел 4 посвящен влиянию пестицидов на живые организмы. Состояние изученности экологической структуры жесткокрылых, обитающих в биогеоценозах (обзор и анализ научных источников). Кроме агробиогеоценозов даются материалы колеоптерофауны лесополос.

4.1. Характеристика влияния пестицидного воздействия на зооценозы и поиски путей уменьшения количества пестицидов.

4.2. Этапы изучения закономерностей формирования колеоптерофауны агроценозов.

4.3. Изучение жесткокрылых, обитающих в условиях степных разнотравных биогеоценозов.

4.4. Изучение колеоптерофауны лесополос.

Раздел 5 наиболее объемный и масштабно информационный, посвящается изменению экологической структуры и плотности жесткокрылых в тестовых агрофитоценозах при уменьшении пестицидной нагрузки.

5.1. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агрофитоценозах *Triticum vulgare* Host.

5.2. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, населяющих агрофитоценозы *Triticum vulgare* Host., при уменьшении пестицидного воздействия

5.3. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агрофитоценозах *Hordeum sativum* L.

5.4. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, населяющих агрофитоценозы *Hordeum sativum* L., при уменьшении пестицидного воздействия.

5.5. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агрофитоценозах *Pisum sativum* L.

5.6. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, населяющих агрофитоценозы *Pisum sativum* L., при уменьшении пестицидного воздействия.

5.7. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агрофитоценозах *Zea mays* L.

5.8. Оценка воздействия пестицидов для защиты *Zea mays* L. от фитофагов на нецелевую фауну жесткокрылых.

5.9. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, населяющих агрофитоценозы *Zea mays* L., при уменьшении пестицидного воздействия.

5.10. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агрофитоценозах *Helianthus annuus* L.

5.11. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, населяющих агрофитоценозы *Helianthus annuus* L., при уменьшении пестицидного воздействия.

5.12. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агрофитоценозах *Medicago sativa* L.

5.13. Оценка воздействия пестицидов используемых для защиты *Medicago sativa* L. от фитофагов на нецелевую фауну жесткокрылых.

5.14. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, населяющих агрофитоценозы *Medicago sativa* L., при уменьшении пестицидного воздействия.

5.15. Особенности формирования и характер распределения жесткокрылых в пределах целостного агробиогеоценоза

5.16. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агробиогеоценозе.

5.17. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, в условиях целостного агробиогеоценоза при уменьшении пестицидных нагрузок

5.18. Обоснование стабильности и ценотического статуса агробиогеоценоза как природной структуры, подвергшейся определенному уровню антропогенного воздействия

5.19. Динамика объемов химических обработок сельскохозяйственных культур в Украине.

Раздел 6. Изменение экологической структуры и плотности жесткокрылых в условиях балочных биогеоценозов при уменьшении пестицидной нагрузки

6.1. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в балочных биогеоценозах.

6.2. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых при уменьшении пестицидных нагрузок в условия степных балочных биогеоценозов

Раздел 7. Изменение экологической структуры и плотности жесткокрылых в полевых агроценозах в условиях уменьшения пестицидной нагрузки.

7.1. Видовой состав и экологическая структура жесткокрылых, обитающих в агроценозах полей.

7.2. Оценка качественных и количественных изменений жесткокрылых, произошедших в условиях полей при уменьшении пестицидного воздействия.

К недостаткам представленной монографии можно отнести:

- Книга могла бы послужить как полезное учебное пособие для молодых специалистов – студентов, аспирантов и научных работников, если бы в каждом подразделе были поставлены для читателя вопросы с целью самоконтроля и обсуждения. При желании автора, это можно сделать во втором переиздании ценной монографии.

- Использование автором учения о нелинейности в биогеоценотических системах в дальнейшем желательно продолжать и расширять, так как использование этих сложных явлений могут оказаться полезными в управлении процессами оптимизации моделей культур, произрастающих в неблагоприятных условиях среды обитания (работы М. В. Келдыша, Н. В. Полякова, И. Р. Шена, С. В. Чернышенка, Л. Ф. Черногора и др.).

- Анализируя культурбиогеоценозы целесообразно усилить внимание выделению тесно связанных друг с другом разнородных организмов, связанных известной общностью их судьбы (Л. Г. Раменский, В. Н. Беклемишев, В. В. Мазинг, 1976) – консортивных групп, или консорций.

Указанные недостатки, скорее пожелания, ни в коей мере не уменьшают ценность выдающегося произведения профессора А. М. Сумарокова, которое открывает новые, ценные и прогрессивные, теоретические и прикладные перспективы поднятия уровня производительности сельскохозяйственного производства.

Заключение

1. Анализируя экспериментальный материал, полученный профессором А. М. Сумароковым, можно убедиться в высокой достоверности полученных данных, поскольку автор кроме фактического убедительного материала приводит и его полную статистическую обработку.

2. Характерно, что в соседствующих с агробиогеоценозами и тесно с ними связанными биогеоценозами степных балок и полезащитных лесных полос, на фоне уменьшения пестицидных нагрузок, отмечена синхронная положительная тенденция восстановления их биологического потенциала.

3. Указанная закономерность, отмечает автор, может иметь место практически в любой стране, занимающейся выращиванием сельскохозяйственных культур при условии аналогичного уменьшения объемов применения пестицидов. Она не влечет за собой потерь урожая основных агрокультур, существенно уменьшает отрицательное воздействие отравляющих веществ на окружающую среду и должна быть использована.

4. Монография представляет итог кропотливого многолетнего стационарного труда автора профессора А. М. Сумарокова, который прочно стоит на позициях биогеоценологической науки.

5. А. М. Сумароков экспериментально достоверно, методически верно и методологически обосновано разрешает так называемый «дискуссионный» спор, когда некоторые, «обильно знающие специалисты», не имеющие даже студенческих представлений о проблемах экологии и биогеоценологии отвергают экспериментальную биогеоценологию как высшее достижение современной биологии и, находясь на начальных этажах «научных» исследований, пытаются подтянуть свои псевдонанодостижения до передовых рубежей биологической науки, скатываясь в прошлое Лысенковского догматизма.

6. Здесь уместно напомнить слова Президента НАН Украины академика Бориса Евгеньевича Патона, который в книге «М. В. Келдыш и украинская наука» (2011) отмечал, что «Мстислав Всеволодович вместе с Королевым и Курчатовым по праву входил в славную триаду величайших ученых того времени, или три «К», как мы шутили тогда называли».

7. Вместе с тем необходимо напомнить и о Постановлении № 588, принятого по докладу Президента АН СССР М. В. Келдыша, в котором говорится: **«Биогеоценология – лидер естествознания, и ее разработкой должны заниматься все отрасли знаний, в том числе математики, физики, кибернетики. Биогеоценология успешно развивается в Красноярском, Воронежском, Московском и в Днепропетровском университетах».** В реализацию этих положений была организована комплексная проверка и осуждение деятельности Т. Д. Лысенка, который громил генетику, кибернетику и **биогеоценологию** и на совести которого жизнь гениального ученого Н. И. Вавилова.

8. На протяжении многих лет, в том числе и во время широкого применения пестицидов (1983–1989 гг.) и в период значительного сокращения их использования (1999–2005 гг.) автор проводил изучение сравнительного видового состава и экологической структуры герпетобионтных Coleoptera в основных биогеоценозах Украины. Результаты многолетних регулярных полевых стационарных наблюдений за состоянием колеоптерофауны поистине уникальны не только для Украины, но и для всей территории стран СНГ.

9. Автор приходит к формулировке новой концепции в агробиогеоценологии, что при уменьшении количества пестицидов в 10–12 раз, применяемых в растениеводстве, существуют все возможности для получения без ощутимых потерь сельскохозяйственной продукции, не загрязненной пестицидами. Этому способствует высокий биотический потенциал как самих агробиогеоценозов, так и прилегающих к ним полезащитных насаждений и балок.

10. Список литературы снабжен значительным количеством отечественной литературы и 80 наименованиями иностранных авторов. Приложения расположены на 33 страницах.

11. А. М. Сумароков несомненно делает открытие, которое подтверждает наличие нового научного направления – экспериментальной биогеоценологии в энтомологии и агрономии и развивает идеи таких корифеев биологической науки как профессор Ю. П. Бяллович (1936, 1960, 1973), академик В. Н. Сукачев (1962, 1964), А.Л. Бельгард (1951, 1970).

12. Новая концепция восстановления биотического потенциала биогеоценозов дает возможность управлять процессами борьбы с сельскохозяйственными вредителями и обеспечивать получение экологически чистой органической продукции.

13. Автор отмечает: «Становится очевидной необходимостью признать, что агробиогеоценоз, образованный культурами, входящими в состав полевых севооборотов, является не искусственной, а антропогенно трансформированной природной структурой, которой свойственны все компоненты и механизмы их взаимодействия, имеющие место в биогеоценозах».

14. Фундаментальное открытие автора необходимо запатентовать, получить свидетельство, выдаваемому изобретателю и удостоверяющее его авторство и исключительное право на изобретение.

15. Следует признать удачным используемые термины и аббревиатуру «АБГЦ» (агробиогеоценоз), которая является краткой, удобной и понятной для биогеоценологов, как при полевых исследованиях, так и при лабораторных работах. Удачно используются термины и их формулировки: стабильность, динамическая плотность, плотность энтомофауны, целостные биогеоценозы, эластичность экосистемы, циклическая форма динамики и др.

Н. А. Белова,
доктор биологических наук, профессор

А. П. Травлев,
член-корреспондент НАН Украины,
доктор биологических наук, профессор

TO AUTHORS' ATTENTION !

When preparing the article for sending to the editorial board, stick to the following rules:

1. Send at the address of the editorial board two printed copies of the article, at the e-mail address – electronic version.

The article should be checked carefully, signed by all authors and attended with written reference, signed by Doctor of Sciences of appropriate specialization and expert conclusion about the possibility of open publication of the article.

The size of the article is 10 pages of typescript at the most (one page in the journal format contains about 4500 signs, including the spaces).

The size of the illustrations and tables should be 30 % of the article size at the most.

All text materials should be given in 1,5 intervals. From each edge of the page 2 cm. should be left, shrift – Times New Roman 12 points, indentation – 0,8 cm.

When setting the type it is necessary to distinguish between hyphen and dash and to use double angle brackets.

It is obligatory to set a space between initials and a surname. Text materials should be made in the text editor MS Word 2003, 2007, as a text in RTF format (*.rtf) or a document Word (*.doc).

Mathematical formulae and equations should be made in equation editor Microsoft Equation, chemical – in the editor ISIS Draw.

3. Use the units of International Measurement System.

4. The structure of the article:

- UDC index in the upper left corner of the page;
- initials and surnames of all authors (it is desirable 4 persons at the most);
- the name and the address of the organization in which the research was conducted (in Ukrainian, Russian and English), e-mail address, telephone number for hot link with the author;
- the title of the article in Ukrainian, Russian and English, which briefly informs about the substance of it and content 13 words at the most;
- the annotation is expanded in English (400-450 words), it should contain the information about the aim, methods, data, scientific novelty, practical importance, key words (6 – 8 words); the annotation is reduced in Ukrainian and Russian, where the results, main conclusions and key words (6 – 8 words) are given;
- the body text of the article should content the following parts: Introduction; Data and methods of the research; Results and their discussion; Conclusions; References.

Tables should be numerated according to their mentioning in the text. Give a brief title at the top of each table. Statistical and other detailed information is given as a note below. Table data should be made in the table editor MS Word 2003, 2007.

Number illustrations according to their discussion in the text. Point at the foot of the illustration its title. The illustrations in the article should have the separate electronic copy. Diagrams and graphic charts should be made in Microsoft Excel, Statistica program packages, schemes – in Visio program package. Save them in the format of these programs as separate files (e.g., petrov_ris1).

The best file formats for scanning the images are TIFF, JPEG, EMF. All elements of text in the images (graphic charts, diagrams, schemes) if it is possible should have a font Times New Roman or Times New Roman Cyr (in a particular instance Courier). Keep each image in a separate object. The images after scanning when printing should be clear, as well as original one.

- gratitude as appropriate is given in the end of the article before the list of references;
- list of used literature. References to literature should be given in the semicircular brackets with the name of quoted author (or the title of the source if there are more than three authors) and the publication date. In the list of the references each Ukrainian-language and Russian-language source should be given in the original language firstly, than translated in English.
- who (from editorial board) recommends the article for publication.

5. Separately the electronic data about the authors which content the information about the surname, name and middle name in full, academic degree, academic rank, workplace (full and abbreviated name of organization), post, town, country, contact phone number and e-mail are given in Ukrainian, Russian and English.

6. Working at the revision an author should take into account all the notes, retype and send all the materials to the address of the colleague of editors up to the date, noted by an editor. Articles that come after the revision later than in 3 months will be considered as new ones.

Sent materials are not returned back. The editorial board preserves a right to correct and abridge the text or send the script back for revision in the case of nonobservance of the above rules.

Authors take the responsibility for the content of the materials.

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

При оформленні статті до надсилання в редакцію просимо дотримуватися таких правил:

1. Надіслати на адресу редакційної колегії два роздрукованих екземпляри статті, на електронну адресу – електронну версію.

Стаття має бути ретельно перевірена, підписана всіма авторами і супроводжуватися письмовою рекомендацією, підписаною доктором наук відповідного профілю та експертним висновком про можливість відкритої публікації поданої статті.

Обсяг статті – не більше 10 сторінок машинопису (одна сторінка у форматі журналу містить до 4500 знаків, включаючи пропуски).

Обсяг ілюстрацій і таблиць не повинен перевищувати 30 % обсягу статті.

2. Усі текстові матеріали роздрукувати через 1,5 інтервала, залишаючи з кожного краю сторінки відступи 2 см, шрифт – Times New Roman 12 пунктів, абзацний відступ – 0,8 см. При наборі статті необхідно розрізняти дефіс і тире, а також застосовувати поліграфічні «ялинки». Між ініціалами та прізвищем обов'язково залишати пропуск. Текстові матеріали підготувати в редакторі MS Word 2003, 2007 як текст у форматі RTF (*.rtf) або документ Word (*.doc). Математичні формули і рівняння готуйте в редакторі рівнянь Microsoft Equation, а хімічні – у редакторі ISIS Draw.

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. Структура статті:

- індекс УДК у верхньому лівому куті сторінки;
- ініціали та прізвища усіх авторів (бажано не більше 4 особи);
- назва і адреса організації, у якій виконувалися дослідження, подати українською, російською та англійською мовами, а також указати *e-mail*, телефон для оперативного зв'язку з автором;
- назва статті українською, російською та англійською мовами, яка повинна коротко інформувати про її зміст і містити не більше 13 слів;
- анотація: розширена – англійською мовою (400–450 слів), повинна містити інформацію про мету, методiku, результати, наукову новизну, практичну значимість, ключові слова (6–8 слів); скорочені – українською та російською мовами, в яких коротко описують результати і головні висновки проведених досліджень, ключові слова (6–8 слів);
- основний текст статті повинен містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

Таблиці повинні бути пронумеровані відповідно до змісту статті. Дати назву до кожної таблиці. Статистична та інша деталізація наводяться під таблицею. Табличні матеріали підготувати у табличному редакторі Word 2003, 2007.

Рисунки нумерують у порядку їх обговорення в тексті. Унизу рисунка указати його назву. Рисунки до статті повинні мати окрему копію в електронному вигляді. Діаграми та графіки слід виконувати у пакетах Excel, Statistica, схеми – у пакеті Visio та зберігати у форматах цих програм окремими файлами (наприклад, petrov_ris1). Найкращими для сканованих зображень є формати файлів TIFF, JPEG, EMF. Усі елементи тексту у зображеннях (графіках, діаграмах, схемах), якщо це можливо, повинні мати гарнітуру Times New Roman або Times New Roman Cyr (в окремих випадках Courier). Кожне зображення зберігайте в окремому об'єкті. Зображення після сканування при роздрукуванні повинні бути чітким, не гіршим за чіткість основного тексту.

- подяки при необхідності подаються наприкінці статті перед списком використаної літератури;
- список використаної літератури. Посилання на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання. У списку використаних джерел кожне україномовне чи російсь-

комовне джерело слід подавати спочатку мовою оригіналу, а потім у перекладі, англійською мовою;

- ким з членів редакційної колегії рекомендовано статтю до публікації.

5. Окремо подаються відомості про авторів в електронному вигляді, які містять інформацію про прізвище, ім'я та по батькові повністю, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи (повна та скорочена назва організації), посада, місто, країна, контактні телефони та електронна пошта) українською, російською та англійською мовами.

6. При поверненні статті на доопрацювання автор зобов'язаний урахувати всі зауваження редактора і надіслати виправлені та передруковані матеріали на адресу редакційної колегії в указаний термін. Статті, повернуті після доопрацювання пізніше ніж через 3 місяці, розглядаються як нові надходження.

Подані матеріали не повертаються. Редакція зберігає за собою право виправляти та скорочувати текст, а також повертати рукопис на доопрацювання у разі недотримання наведених вище правил.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори.

Науковий журнал

ЕКОЛОГІЯ ТА НООСФЕРОЛОГІЯ
2014. Т. 25, № 3–4

Українською, російською та англійською мовами

Засновники:

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. О. ГОНЧАРА,
ТОВ «АГЕНТСТВО «ТЕЛЕПРЕСІНФОРМ»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 5258 від 02.07.01 р.

Літературне редагування та коректура – К. О. Сухойван
Художньо-технічне оформлення та комп'ютерна верстка – В. А. Горбань

Підписано до друку 12.11.2014 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 28.
Замовлення № . Тираж 200 прим.
