

Виходить чотири рази на рік

ЗАСНОВНИКИ

**Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук України**

**Державна установа
«Інститут охорони ґрунтів України»**

**Всеукраїнська громадська організація
«Асоціація агроекологів України»**

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143

тел. (044) 522-60-62

e-mail: agroecojournal@ukr.net

<http://journalagroeco.org.ua>

*Журнал включено до переліку наукових видань України
з сільськогосподарських і біологічних наук
відповідно до наказу МОН України № 1528 від 29.12.2014.*

*Журнал включено до міжнародних інформаційних та наукометричних баз:
Research Bib Journal Database (Японія)
РИНЦ (Російська Федерація)
Index Copernicus (Республіка Польща)
Google Scholar (США)
Ulrich's Periodicals Directory (США)*

Пристатейний список літератури продубльовано відповідно до вимог міжнародних систем транслітерації (зокрема, наукометричної бази SCOPUS)

Редколегія не завжди поділяє думки авторів статей

**Журнал друкується і поширюється через мережу Інтернет
за рішенням вченої ради Інституту агроекології і природокористування НААН
(протокол № 3 від 17 березня 2020 р.)**

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23578-13418 ПР від 27.09.2018.

Підписано до друку 18.03.2020 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 13,55. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-01–20.

Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

1 • 2020



КИЇВ • 2020

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

FURDYCHKO O., Doctor of Economic and Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAAS

Executive Secretary

SHUMYGAI I., Candidate of Agricultural Science

Output editor

RYZHYKOVA L.

BOYKO A.,

Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)

BORODAY V.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

BUSHTRUK M.,

*Candidate of Agricultural Science, Docent
(Ukraine)*

GUDKOV I.,

*Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of NAAS (Ukraine)*

DEMYANYUK O.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

DREBOT O.,

*Doctor of Economic Science, Prof.,
Corresponding member of NAAS (Ukraine)*

YEHOROVA T.,

*Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher
(Ukraine)*

KONISHCHUK V.,

*Doctor of Biological Science, Senior Researcher
(Ukraine)*

KOPIY L.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

LESOVOY N.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

MUDRAK O.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

NAGORNIUK O.,

*Candidate of Agricultural Science, Docent
(Ukraine)*

PALAPA N.,

*Doctor of Agricultural Science,
Senior Researcher (Ukraine)*

PARFENYUK A.,

Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)

SYMOCHKO L.,

*Candidate of Biological Science, Docent
(Ukraine)*

SYCHOV M.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

SOLOMAKHA V.,

Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)

TARARIKO O.,

*Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAAS (Ukraine)*

TKACH Y.,

*Candidate of Biological Science,
Senior Researcher (Ukraine)*

CHOBOTKO G.,

Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)

SHERSTOBOEVA O.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

SHERSHUN M.,

*Doctor of Economic Science, Senior Researcher
(Ukraine)*

SHKURATOV O.,

Doctor of Economic Science, Prof. (Ukraine)

YUKHNOVSKYI V.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)

WALAT W.,

Doctor of Humanities Science, Prof. (Poland)

SOBCZYK V.,

Doctor of Agricultural Science, Prof. (Poland)

URUSHADZE T.,

*Doctor of Biological Science, Prof.
(Georgia)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

ФУРДИЧКО О.І., д-р екон. і с.-г. наук, проф., акад. НААН

Відповідальний секретар

ШУМИГАЙ І.В., канд. с.-г. наук

Відповідальний редактор

РИЖИКОВА Л.Г.

- | | |
|--|---|
| БОЙКО А.Л. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | СИМОЧКО Л.Ю. ,
канд. біол. наук, доцент (Ужгород) |
| БОРОДАЙ В.П. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | СИЧОВ М.Ю. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| БУШТРУК М.В. ,
канд. с.-г. наук, доцент (Біла Церква) | СОЛОМАХА В.А. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) |
| ГУДКОВ І.М. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ТАРАРІКО О.Г. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) |
| ДЕМ'ЯНЮК О.С. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | ТКАЧ Є.Д. ,
канд. біол. наук, старш. наук. співроб.
(Київ) |
| ДРЕБОТ О.І. ,
д-р екон. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) | ЧОБОТЬКО Г.М. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) |
| ЄГОРОВА Т.М. ,
д-р с.-г. наук, доцент (Київ) | ШЕРСТОБОЄВА О.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| КОНЩУК В.В. ,
д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | ШЕРШУН М.Х. ,
д-р екон. наук, доцент (Київ) |
| КОПІЙ Л.І. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Львів) | ШКУРАТОВ О.І. ,
д-р екон. наук, проф. (Київ) |
| ЛІСОВИЙ М.М. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | ЮХНОВСЬКИЙ В.Ю. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| МУДРАК О.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Вінниця) | ВАЛАТ В. ,
д-р педаг. наук, проф. (Республіка Польща) |
| НАГОРНЮК О.М. ,
канд. с.-г. наук, доцент (Київ) | СОБЧИК В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Республіка Польща) |
| ПАЛАПА Н.В. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | УРУШАДЗЕ Т.Ф. ,
д-р біол. наук, проф. (Грузія) |
| ПАРФЕНЮК А.І. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | |

ЕКОЛОГІЯ

**Коніщук В.В., Коваль С.І.,
Мельник Н.М.**

Природоохоронна і ресурсна характеристика запасів торфу в Україні

**Чоботько Г.М., Райчук Л.А.,
Швиденко І.К., Кучма М.Д.**

Математична модель міграції ^{137}Cs в агроландшафтах Українського Полісся у віддалений період після аварії на ЧАЕС

**Павленко А.П., Орлов О.О., Ландін В.П.,
Чоботько Г.М., Тищенко О.Г., Мусич О.Г.,
Соломко В.Л., Фещенко В.П.**

Біоіндикація забруднення лісових екосистем ^{137}Cs за використання тест-об'єктів

**Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С.,
Бородай В.В.**

Особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб в агроценозах зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України

Симочко Л.Ю.

Сукцесійна концепція мікробіому ґрунту

**Любінська Л.Г., Сосула О.А.,
Соломаха В.А.**

Особливості поширення регіонально рідкісного виду зніту розмаринолистого (*Chamaerion Dodonaei* (Vill.) Holub.) в умовах Кам'янецького Придністров'я

**Ліщук А.М., Драга М.В.,
Городиська І.М.**

Оцінка стану ґрунтів зони Степу України за екологічними критеріями для ведення органічного виробництва

АГРОНОМІЯ

**Бердников О.М., Волкогон В.В.,
Мірошніченко М.М., Гриник О.І.,
Потапенко Л.В.**

Значення лізіметричних досліджень в еколого-агрохімічній оцінці аграрних технологій

**Федорчук С.В., Трембіцька О.І.,
Клименко Т.В., Радько В.Г.,
Лісовий М.М.**

Баккові суміші препаратів для захисту рослин картоплі проти збудників хвороб *Phytophthora infestans* та *Alternaria solani*

**Шкарівська Л.І., Давидюк Г.В.,
Клименко І.І., Довбаш Н.І.**

ECOLOGY

6 **Konishchuk V., Koval S.,
Melnik N.**

Nature conservation and resource characteristic of peat reserves in Ukraine

12 **Chobotko G., Raichuk L., Shvidenko I.,
Kuchma M.**

Mathematical model of ^{137}Cs migration in agricultural landscapes of Ukrainian Polissia in the remote period after the Chernobyl accident

19 **Pavlenko A., Orlov O., Landin V.,
Chobotko G., Tyshchenko O., Musych O.,
Solomko V., Feshchenko V.**

Biointication of ^{137}Cs forest ecosystem pollution by using test objects

28 **Mostoviak I., Demyanyuk O.,
Boroday V.**

Formation of phytopathogenic fond in agro-cenoses of cereals of the right-bank Forest-steppe of Ukraine

39 **Symochko L.**

Successional conception of soil microbiome

46 **Liubinska L., Sosula O.,
Solomakha V.**

Population characteristics of the regionally rare species *Chamaerion dodonaei* (Vill.) Holub. in Kamyanyets Transdnistria

51 **Lishchuk A., Draga M.,
Horodyska I.**

Assessment of soils in steppe zone of Ukraine by environmental criteria for organic production

AGRONOMY

58 **Berdnikov O., Volkogon V.,
Miroshnichenko M., Grynyk O.,
Potapenko L.**

Importance of lysimetric studies in ecological-agrochemical evaluation of agricultural technologies

70 **Fedorchuk S., Klymenko T.,
Radko V., Trembitska O.,
Lisovyy M.**

Use of tank mixtures for potato plants protection from *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani* disease agents

75 **Shkarivska L., Davidiuk G.,
Klymenko I., Dovbash N.**

Використання відходів біогазових установок для удобрення сільськогосподарських культур

Польовий В.М., Ткач Є.Д., Лукашук Л.Я., Ровна Г.Ф., Гук Б.В., Курач О.В.

Продуктивність ячменю ярого залежно від удобрення та вапнування в умовах Західного Полісся

Приведенюк Н.В., Глущенко Л.А., Трубка В.А.

Вплив способів вирощування на ріст та розвиток меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.) в умовах краплинного зрошення

Ткачук О.П., Разанова А.М.

Порівняльна оцінка накопичення Zn розторопшею плямистою (*Silybum marianum*) залежно від виду мінеральних добрив

Кратиук О.Л., Кравчук М.М., Довбиш Л.Л.

Вміст гідролізного азоту у ґрунтах вологих сугрудів в умовах вольєрного утримання мисливських тварин на території Західного і Центрального Полісся

БІОЛОГІЯ

Дерев'янюк С.В., Васильченко А.В., Цехмістер Г.В.

Біологічна активність композицій наночастинок неметалів

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Мороз В.В., Шумигай І.В.

Зниження вуглецепоглиняльної здатності деревостанів Київського Полісся через загибель соснових лісів

ЕКОНОМІКА

Фурдичко О.І., Бондар В.Н.

Лісогосподарське виробництво в Україні, його становлення і реформування на шляху до ринкової економіки

Зібцева О.В., Юхновський В.Ю.

Динаміка вартості екосистемних послуг малих міст Київської області

Дребот О.І., Бабікова К.І.

Еколого-економічна оцінка рекреаційно-туристичного природокористування

ЮВІЛЕЙ

До 120-річчя з Дня народження видатного вченого, людини доброти, порядності С.М. Московця

Prospects for using waste of biogas plants for fertilizing agricultural crops

83 **Poliovyi V., Tkach Ye., Lukashchuk L., Rovna H., Huk B., Kurach O.**

Productivity of spring barley depending on fertilizing and liming under the conditions of Western Polissya

91 **Privedenyuk N., Hlushchenko L., Trubka V.**

Influence of methods for growing seedling and food area on the formation of vegetative mass of medicinal melissa (*Melissa Officinalis* L.) under drop irrigation

98 **Tkachuk A., Razanova A.**

Comparative assessment of Zn accumulation by plants of *Silybum marianum* depending on fertilizer type

103 **Kratiuk O., Kravchuk M., Dovbysh L.**

Content of hydrolysable nitrogen in the soils of wet mixed broadleaved forest conditions of aviary keeping of hunting animals on the territories of sanctuaries in Western and Central Polissia

BIOLOGY

111 **Derevianko S., Vasylichenko A., Tsekhmister H.**

Biological activity of compositions of non-metal nanoparticles

FORESTRY

116 **Moroz V., Shumygai I.**

Reduction of carbon glaring ability of tree stands in Kyiv Polissya through the death of pine forests

ECONOMY

122 **Furdychko O., Bondar V.**

Forestry production in Ukraine, its becoming and reformation on the way to a market economy

133 **Zibtseva O., Yukhnovskyi V.**

Dynamics of costs of ecosystem services of small towns in Kyiv region

140 **Drebot O., Babikova K.**

Ecological and economic assessment of recreation-tourist natural use

DATE

149 To the 120th anniversary of the birth of a prominent scientist, a man of kindness and decency of S. Moskovets

NATURE CONSERVATION AND RESOURCE CHARACTERISTIC OF PEAT RESERVES IN UKRAINE

V. Konishchuk, S. Koval, N. Melnik

Інститут агроекології і природокористування НААН

Оцінено запаси торфу в Україні. Наведено результати оцінки сировинної бази торфу. Обґрунтовано нерівномірність розподілу торфових ресурсів у розрізі областей України. Здійснено класифікацію покладів торфу. Ресурси торфу обчислено за промисловим значенням, ступенем розвіданості, групами освоєності. Визначено ступінь заторфованості території областей. Висвітлено і проаналізовано площі осушуваних торфових земель в областях.

Ключові слова: торф, торфове родовище, видобуток, ресурси, ділянки.

In the world, peat reserves amount to about 500 Gt, including all diluted – more than 235 Gt. On Earth, peatlands occupy about 2% of land, but they are distributed extremely unevenly: in Eurasia – 1.8%, in Africa – 1.2%, in North America – 0.9, in South America – 7.0, in Australia – 0.1%. The peatlands occupy 12.550 sq. km of Poland, which is 4.1% of the country's surface. In Europe peat are on average 20% of the total area. Among them: 30% – agro land, fields, meadows, 18% – forest peatlands, and 6% – the selective reserves of peat, 40% in a natural state, protected, 6% – other. Peat formation and mire formation of peat-bog regions in Ukraine are chronologically correlated [1, 2].

Ukraine is characterized by high anthropogenic transformation of natural landscapes. For the last century, the most powerful of all factors influencing natural complexes was drainage reclamation. 12 Gm² of peat and swamps were drained. A transformed landscape system was created as the result. Ukraine's peat resources amount to 2.17 Gt, balance reserves – 934 Mt [3, 4].

On the territory of Ukraine, 2.488 peat deposits with a total area of 5830 Mm², with reserves of air-dry peat of conventional (40%)

humidity of 2165.9 Mt are detected, explored and taken into account. According to the general geological accounting, its reserves come to 2.17 Gt. From the total area of the peat fund of Ukraine, which is equal to 5830 Mm², currently 4837 Mm² are explored [5].

The purpose of the work is to evaluate and analyze the raw material base of peat in Ukraine.

MATERIALS AND METHODS

The analysis of the current state of peat deposits in Ukraine was carried out on the basis of data of the State Information Geological Fund of Ukraine and in accordance with «Methodological guidelines for the distribution of peat deposits and plots by degree of industrial development» [6], approved by the State Agricultural Enterprise «Torfogeologiya» (Peat Geology) and coordinated with the Ministry of Geology of the UkrSSR in 1989. Since the first years of independence of Ukraine, a wider study of peat deposits has begun: through the reclamation organizations, in order to determine the possibility of using peat formation as agricultural lands, for the purpose of preliminary assessment and extraction of peat deposits for organization or development of peat production in the central and eastern regions, which have a sharp need for local fuel.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Peat deposits occur in almost all regions of Ukraine, except southern and coastal areas. The most common peat deposits are in the oblasts of: Rivne, Volyn', Chernihiv, Zhytomyr, Kyiv, Lviv. The concentration of the peat formation on the territory of the Rivne and Volyn' oblasts reaches 6.5%, and it does not exceed 1.9% of the whole territory in Ternopil', Khmelnytsky, Vinnytsya, Cherkassy, Poltava, Sumy and Kharkiv. Even more rarely, peat deposits occur in the Mykolayiv, Zaporizhzhya, Dnipropetrovsk, Transcarpathian, Ivano-Frankivsk oblasts, where the degree of peat formation does not exceed 0.1%.

The irregularity in the distribution of peat resources by regions is determined by the heterogeneity of climatic, soil, geological and other factors that determine the processes of peat formation and peat accumulation.

Ukrainian peat resources are calculated:

- for industrial purposes;
- by degree of exploration;
- by groups of industrial development of stocks.

Distribution of peat reserves by industrial value. They consist of stocks of categories A (reserves, which are explored in detail, providing full identification of the mode of occurrence, shape and structure of peat deposits, quality and technological properties), B (the reserves explored and studied in detail, providing clarification of the main features of the conditions of deposition, the shape and nature of the structure of peat deposits, the quality and the basic technological properties), C1 (the reserves explored and studied in detail, which provides clarification of the mode of occurrence, shape and structure of peat deposits, quality and technological properties), C2 (inventories, previously estimated; number of peat deposits was determined on single samples) and predicted resources of categories P1 (prospective resources) and P2 (projected resources). In accordance with the classification of reserves of deposits and predicted resources of solid minerals, reserves of peat found and explored on their industrial values and divided into two groups: balance and off balance.

The balance sheet includes the stocks of peat, the use of which, in accordance with the established conditions, is economically feasible with existing or mastered by industry techniques and technologies for extraction and processing of raw materials, observing the requirements for rational use of stocks and environmental protection, namely:

- reserves of peat of categories A, B, C1, C2 for developed and unfinished peat deposits, approved in accordance with established procedure as a balance sheet and under economic conditions are suitable for development or actually being developed;
- stocks of the above mentioned categories of peat which have not been approved but comply with current standards and conditions and are suitable for development.

All categories of peat reserves are classified as balance sheet, approved in accordance with the established procedure as off-balance sheet, but at present the use of which is not economically feasible due to small quantity, low power, poor quality, special complexity of operating conditions, or within the limits of polder systems or plots drained from application of drainage, located on the territory of nature reserves or sanctuaries.

Recording of peat deposits by degree of exploration. The extent of distribution of peat deposits is classified by the peat formation of the territory, which determines the relative magnitude of the area occupied by peat. This indicator is the ratio of the total area of peat deposits within the contour of zero power to the area of the entire region. Rivne and Volyn regions have the most peat formation, where a tenth of the area became peaty.

Important indicators are also the area of the peat field, the average depth of the peat deposit, the average amount of peat reserves per 10000 m² of area within the industrial depth of the deposit and the ratio of the area within the zero depth.

Figure 1 shows the distribution of detected and explored reserves of peat in the oblasts at the «0» boundary.

By the degree of exploration, the reserves of peat are divided into explored categories

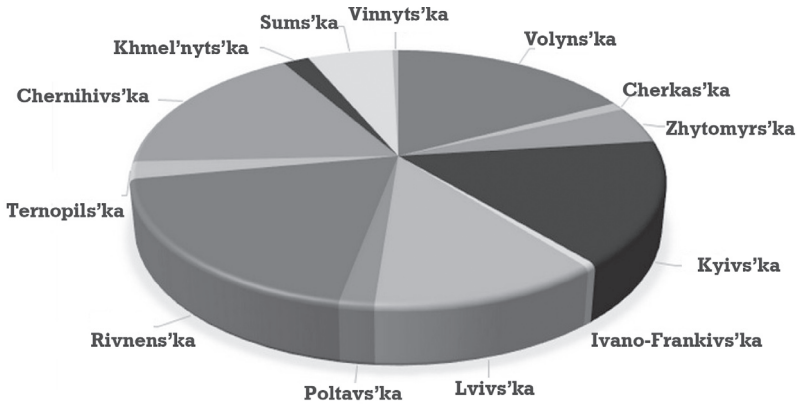


Fig. 1. The area of the peat reserves in the regions of Ukraine, (10000 m²), at the «0» boundary (Source: own elaboration)

A, B, C1 and pre-explored – C2. In addition, in surveyed peat deposits that are not yet explored, or in explored deposits, whose exploration materials have not been preserved, peat reserves are estimated as prognostic categories P1, P2.

Forecast peat resources are calculated in all areas. The summarized calculation data is shown on Figure 2.

Recording of peat deposits by groups of industrial development. In accordance

with the guidelines, which are approved by the State Agricultural Enterprise «Torfogeologiya» (Peat Geology), all deposits and peat areas are divided into 4 groups and 4 subgroups.

I group – the peat fields, which are exploited. This group includes deposits and their areas that are exploited by industry or agricultural enterprises within the area provided for the development of the project for the entire operation activity.

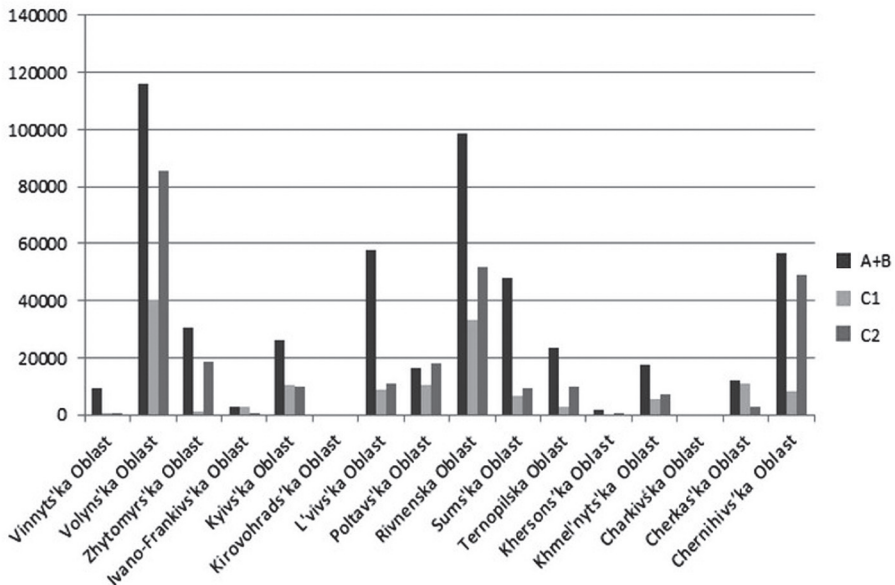


Fig. 2. Balance reserves of peat in the oblasts of Ukraine, Mt (Source: own elaboration)

II group – reserve deposits – in this group the considered peat deposits or areas with reserves of peat A + B categories, with an average depth of deposition of more than 1.5 m, reserved for peat enterprises for allotment instead of the produced areas.

III group – promising for exploration – in this group are taken into account, mainly, deposits or areas with reserves of conditioned peat, studied by categories C1, C2, which have an average depth of more than 1.5 m, most of which are already being developed.

IV group – the rest of peat deposits not included in the first three groups. These deposits are divided into the following subgroups:

IV-a Subgroup of deposits stored in the natural state that are located on the territory of nature reserves, sanctuaries and other objects of nature protection.

IV-b Subgroup of deposits drained for wooded and agricultural lands, the liquidation of which is economically inexpedient. Balance reserves of these deposits are classified as off-balance-sheet items not on the quality of raw materials, but under operating terms and for socio-environmental reasons.

IV-c Subgroup of peat deposits and areas has reserves of unconditioned ash peat (more

than 35%, and in the presence of CaCO_3 – more than 10%).

IV-d Subgroup of shallow peat deposits and areas with an average depth of peat deposits of less than 1.5 m, which are not used for agricultural land.

If we consider drained peat deposits and areas of Ukraine, then these are deposits or plots drained and occupied by agricultural land [7]. Not all drained and farmed areas are taken into account in the balance sheet, but mainly deposits and plots drained using drainage, or deposits that are included in large drainage systems, the extraction of peat on which in the future is virtually eliminated.

Today the total area of drained deposits and plots in Ukraine is within the zero depth of 162.0 thousand hectares, within the industrial depth – 1058 Mm², geological reserves – 419.6 Mt, the amount of deposits is 395 [8, 9].

Due to the low-probability of the involvement of these deposits in development, the balance of peat reserves of drained deposits is transferred to off-balance sheet.

Most of the drained deposits are located in the oblasts (Figure 3): Rivne – 128, Volyn’ – 80; L’viv – 39; Chernihiv – 37; Zhytomyr – 30; Khmelnytsky – 15; Kyiv – 16; Sumy – 14.

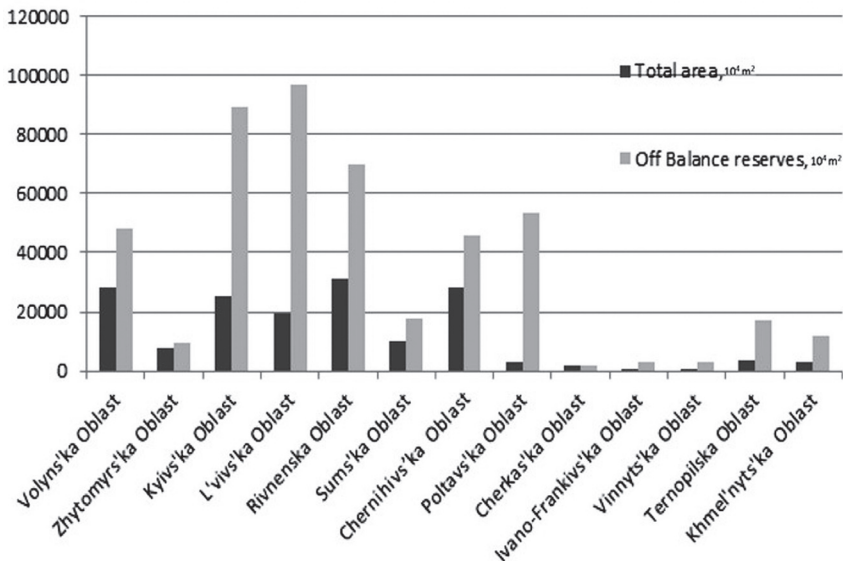


Fig. 3. Areas of drained peatlands of Ukraine, 10000 m² (Source: own elaboration)

Table 1

The distribution of peat deposits of Ukraine by groups

The group of peat deposits	number of peat deposits	Area, 104 m ²		The geological reserves of peat, Mt
		at the «0» boundary	in border of industrial depth	
1	2	3	4	5
Explored peat deposits with an area at the border of industrial depth of more than 105 m ²	1561	774849	538645	1845291
Surveyed peat deposits with estimated resources area of over 105 m ²	557	121675	81426	261736
Flooded, built-up and contaminated by Chernobyl Nuclear Power Station	114	23332	16324	53759
Wetlands, previously registered as a predictive peat deposits	121	8318	–	9616
The ratio of the area of peatlands to the total area of land registered as a predictive deposit	64	3813	–	3941
Mineral marsh formation, previously registered as a predictive peat deposits	39	2705	–	1758
Peat deposits, for which peat resources have not been confirmed	86	7886	–	–
List of peat bogs h – 0,3–1,0 m	40	2757	1393	3234
The mined-out peatlands	6630	54695	35723	114914

Depending on geological-economic condition of the peat resources of Ukraine certain groups of deposits are considered.

CONCLUSIONS

As a result of our analysis and evaluation of peat resources it has been established that the peat fund of Ukraine currently accounts 2.488 peat deposits with a total area within the industrial depth of 583.0 Mm², with total geological reserves of 2165.9 Mt of peat, 936.7 Mt of which – balance sheet, 908.6 Mt – off balance.

The study of balance reserves of peat, explored peat deposits is as follows:

By the category:

A – 510.4 Mt – 54.5%

B – 7.7 Mt – 0.8%

C1 – 142.4 Mt – 15.2%

C2 – 276.2 Mt – 29.5%

Total balance sheet of peat reserves in Ukraine is 936.7 Mt.

The peat resources of Ukraine are taken into account in separate groups of deposits depending on the geological and economic state.

The explored reserves consist mainly of deposits of lowland peat type –96% and the share of top, transitional and mixed types of peat is only 4% of all peat stocks. In absolute terms, the stock of top and transitional types of peat is 72.4 Mt. In practice, the stocks of top and transitional types of peat in quality are all balance, but most of these reserves are located in protected areas of hydrogeological sanctuary and for this reason are classified as off-balance.

The country's peat resources are used very intensively and in connection with the privatization of land, it is necessary to predict the further intensification of the usage of peat

deposits for the development of collective farming, the priority ransom for individuals and farms, the peat production increase for fertilizers, for the production of insulating plates, litters, etc.

The general principle should be the extraction and usage of peat only for fertilizer and as a litter for cattle. The authorities should

gradually, within 5–8 years, prohibit the extraction of peat for fuel, except for the forced extraction of it for domestic fuel by the local population in the absence or impossibility of providing other types of fuel, and only with special permits.

An important role for agriculture is the increased use of peat for growing crops.

ЛІТЕРАТУРА

1. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. Estimation and uncertainty of recent carbonac cumulation and verticalac cretionin drainedan dundrained forest edpeatl and softhesou the astern USA. Fuller [Електронний ресурс] / J. Drexler, J. Drexler, C. Orlando [et al.]. — 2017. — Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/2017JG003950>
2. Zanikanie torfowisk [Електронний ресурс] / P. Ilnicki [et al.]. — Режим доступу: <http://ISBN 978-83-7654-374-1>
3. Торф. Терміни та визначення понять: ДСТУ 5019:2008. — [Чинний від 2009-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2008. — 54 с.
4. Лайчук О.В. Звіт по темі: Аналіз стану мінерально-сировинної бази України, облік родовищ і складання Державних балансів торфу і сапропелю станом на 01.01.1997–1999 рр. / О.В.Лайчук, О.М. Мальська. — К., 2000. — Кн. 1. — 94 с.
5. Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения / И.И. Лиштван, Н.Т. Король. — Минск, 1975. — 320 с.
6. Торфово-болотний фонд УРСР, його районування та використання / Є.М. Брадiс, А.І. Кузьмичов, Т.Л. Андриєнко та ін. — К.: Наук. думка, 1973. — 264 с.
7. Коніщук В.В. Концепція збалансованого розвитку боліт і торфовищ України / В.В. Коніщук // Агроекол. журн. — 2010. — № 4. — С. 18–23.
8. Застосування геоінформаційних технологій в моделюванні родовищ корисних копалин / В.І. Задерковний, І.В. Тишаєв, О.М. Наливайко // Управління розвитком складних систем. — 2017. — № 30. — С. 147–155.
9. Коніщук В.В. Гелологія (болотознавство із основами торфознавства) / В.В. Коніщук. — К.: ДІА, 2015. — 200 с.

REFERENCES

1. Drexler, J.Z., Fuller, C.C., Orlando, J., Salas, A., Wurster, F.C., & Duberstein, J.A. (2017). Estimation and uncertainty of recent carbonac cumulation and verticalac cretionin drainedan dundrained forest edpeatl and softhesou the astern USA. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/2017JG003950> [in English].
2. Ilnicki, P., et al. (2016). Zanikanie torfowisk [Dying off of peatbogs]. *Publishing House of the Poznań Society of the Friends of Science. Poznań*. Retrieved from: <http://ISBN 978-83-7654-374-1> [in Poland].
3. Torf. Terminy ta vyznachennia poniat [Peat. Terms and definitions]. (2008). *DSTU 5019 — 2008, from 01st January 2009*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart [in Ukrainian].
4. Laichuk, O.V., & Malskaia, O.M. (2000). *Zvit po temi: Analiz stanu mineralno-syrovynnoi bazy Ukrainy, oblik rodovysykh i skladannia derzhavnykh balansiv torfu i sapropeliu stanom na 01.01.1997–1999 rr. [Report on the topic: Analysis of the state of the mineral-raw materials base of Ukraine, accounting for deposits and compiling of state balances of peat and sapropel as of 01.01.1997–1999]*. Kyiv [in Ukrainian].
5. Lishtvan, I.I., & Korol, N.T. (1975). *Osnovnye svoistva torfa i metody ikh opredelenia [Basic properties of peat and methods for their determination]*. Minsk [in Russian].
6. Bradis, Ye.M., Kuzmichov, A.I., & Andrienko, T.L. et al. (1973). *Torfovo-bolotnyi fond URSR, yoho raionuvannia ta vykorystannia [Peatland of the UkrSSR, its zoning and use]*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Konishchuk, V.V. (2010). Konceptcia zbalansovanoho rozvytku bolit i torfovysykh Ukrainy [Concept of balanced development of wetlands and peatlands of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 18–23 [in Ukrainian].
8. Zatserkovnyi, V.I., Tishaev, I.V., & Nalyvaiko, O.M. (2017). Zastosuvannia heoinformaciynykh tekhnolohiy v modeliuванні rodovysykh korysnykh kopalyn [Application of Geoinformation Technologies in the Simulation of Mineral Deposits]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system — Management of the development of complex systems*, 30, 147–155 [in Ukrainian].
9. Konishchuk, V.V. (2015). *Helolohiia (bolotoznastvo iz osnovamy torfoznastva) [Helology (bogs study with the basics of peat science)]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 18.01.2020

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МІГРАЦІЇ ^{137}Cs В АГРОЛАНДШАФТАХ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД ПІСЛЯ АВАРІЇ НА ЧАЕС

Г.М. Чоботько, Л.А.Райчук, І.К. Швиденко, М.Д. Кучма

Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено результати математичного моделювання винесення ^{137}Cs із типових агроландшафтів Українського Полісся у віддалений період після Чорнобильської катастрофи. Окреслено основні процеси, які впливають на перерозподіл радіонуклідів ланками лісових, садових, лукопасовищних та польових екосистем. Встановлено, що у всіх без винятку екосистемах спостерігається зниження вмісту ^{137}Cs . Виявлено, що за умови реалізації оптимальної системи протирадіаційних заходів та активної експлуатації всі змодельовані екосистеми утворюють такий низхідний ряд за винесенням радіонукліда: лісові екосистеми — сіножаті та пасовища (подекуди овочеві ділянки) — польові екосистеми (переважно зернові та зернобобові культури) — садові екосистеми.

Ключові слова: ^{137}Cs , математична модель, агроландшафт, винесення радіонукліда.

Останніми десятиліттями проблема радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції на території Полісся України набула певних особливостей. За майже 34 роки, що минули після аварії на ЧАЕС, рівень радіоактивного забруднення території значно змінився. В умовах нищівної соціально-економічної ситуації доцільним та актуальним є розгляд питання радіоактивного забруднення не у межах окремих сільгоспугідь чи агроекосистем, а у межах агроландшафтів. Окресленій тематиці присвячено низку робіт як вітчизняних (зокрема «Екомодель», розроблена в Інституті агроекології і природокористування НААН) [1], так і закордонних науковців, однак у більшості з них, зазвичай, розглядається проблема у розрізі невеликих адміністративних територій. Окрім того, в основі таких досліджень лежать дані обстежень щонайменше 15–20-річної давнини.

У сучасних реаліях дедалі більшого значення набувають економічні аспекти ведення агропромислового виробництва в Українському Поліссі та питання комплексної реабілітації регіону. Слід зважати як на зміну рівнів радіоактивного забруднення території та перерозподіл радіонуклідів

між різними елементами агроландшафтів, так і на зміну радіологічного статусу деяких земель. Актуалізація наукових даних щодо згаданої проблематики та комплексне її вивчення з урахуванням не лише рівня радіонуклідного забруднення, а й його складу, нинішніх природно-кліматичних умов Українського Полісся та ландшафтної структури угідь дає змогу оцінювати та прогнозувати розвиток сільськогосподарського виробництва регіону.

Найдоцільнішим засобом у прогнозуванні будь-яких процесів, у т.ч. винесення радіонуклідів з агроландшафтів, є математичне моделювання. Тому метою нашої роботи було розроблення математичної моделі винесення радіонуклідів з агроландшафтів Полісся.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Математична модель була розроблена для відображення радіоекологічної ситуації в обмеженому регіоні, центром якого є невеликий населений пункт (селище, село або хутір). Особливостями зайнятості населення регіону Українського Полісся є ведення, переважно, сільськогосподарського виробництва, тому було враховано споживання мешканцями продукції, яку вони виробляють в районі свого проживання, а також лісових грибів та ягід.

Для зручності моделювання у нашому дослідженні ми розглядали агроландшафт досліджуваного регіону як сукупність чотирьох макроблоків (екосистем), що є функціональними одиницями модельованого агроландшафту: «лісова екосистема», «польова екосистема», «лукопасовищна екосистема» та «садова екосистема». Кожен із вказаних агроландшафтів має власну структуру і передбачає диференціацію на кілька підтипів за особливостями міграції полютанта мікроблоками екосистеми, а саме: лісова екосистема — хвойні, листяні, змішані та захисні насадження; польова екосистема — зернові, зернобобові і технічні, просапні та баштанні культури; лукопасовищна екосистема — природні та сіяні луки та пасовища; садова екосистема — промислові та присадибні сади. Кожен із цих підтипів передбачає різні коефіцієнти міжблокового переходу ^{137}Cs . Кожен із блоків характеризується певною особливістю та однорідністю. За основу в моделюванні екосистем було взято біогеохімічний цикл, що є комбінацією двох взаємопов'язаних циклів: геохімічного та біологічного. Основними ґрунтами у нашій моделі є: дерново-слабопідзолисті та дерново-середньопідзолисті (становлять близько 60% площі Українського Полісся); лугові та дернові (близько 20); торфовища та торфоболотні (10%).

Інформацію для побудови концептуальної моделі міграції радіонуклідів у лісових екосистемах було отримано з аналітичних досліджень біологічної ролі макро- та мікроміцетів [2–5]. Основним джерелом даних для створення моделі, переважно під час визначення коефіцієнтів швидкості переходу радіонуклідів із одного блоку моделі до іншого, були відповідні дані [6–17] та результати проведених нами досліджень на території Київської, Житомирської, Чернігівської, Рівненської та Волинської областей, розпочаті у 1993 р. Як додаткові джерела інформації були використані дані наукової літератури, матеріали, отримані з лісгоспів, Державної агенції лісових ресурсів України, місцевих державних адміністрацій.

Математична формалізація вказаної моделі має вигляд системи лінійних диференціальних рівнянь першого порядку зі сталими коефіцієнтами, уточнення яких було здійснено за відповідною методикою [18]. Розроблена модель належить до класу динамічних моделей і є детерміністичною за своїм характером. Невідомі показники переходу ^{137}Cs з одного блоку моделі до іншого визначено шляхом математичних розрахунків оптимальних параметрів, які зможуть забезпечити мінімальну розбіжність між експериментальними та розрахунковими значеннями за певних умов. Комп'ютерну реалізацію моделі було виконано в математичному пакеті MAPLE (version 10); графіки — у MAPLE 10 та Origin 16.

Рівень збігу прогнозів, отриманих за допомогою нашої моделі, з прогнозами вже існуючих подібних моделей (щодо лісової екосистеми) та з експериментальними даними оцінювали за значенням основної похибки. Для оцінки якості моделі, тобто наскільки добре вона відтворює дійсні часові ряди, використовували відповідну формальну статистику: середньоквадратичну похибку, середню похибку прогнозу, коефіцієнт нерівності Тейла U та відношення варіацій US .

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень, у т.ч. і експериментальних, проведених на території Українського Полісся, вказали на необхідність розробки нового підходу до моделювання радіоекологічної ситуації у цьому регіоні. Було окреслено основні чинники, що впливають на перерозподіл ^{137}Cs між елементами екосистем та значення винесення радіонукліда за їх межі. Основними процесами, що впливають на перерозподіл радіонуклідів ланками певного виду екосистеми, є: перехоплення, вивітрювання, поглинання, обробіток ґрунту, удобрення, полив, розкладання органічних решток, надходження радіонукліда в нижчі шари ґрунту, дифузія, фіксація мінералами ґрунту. Це дало змогу науково обґрунтувати та математично формалізувати модель винесення

сення ^{137}Cs за межі агроландшафтів різних регіонів Українського Полісся.

Під час побудови концептуальної схеми міграції радіонукліда в основних агроландшафтах Українського Полісся ми розглядали агроландшафт як єдине ціле, тобто як систему природних екосистем та агро-екосистем, що перебувають у взаємозв'язку і впливають одна на одну (рис. 1). Були враховані як вертикальні потоки в ланцюзі «грунт – рослина – тварина – людина», так і горизонтальні, що утворюються повітряними потоками та внаслідок людської діяльності. Ризик недооцінення чи неврахування важливих складових екосистеми або їх взаємодії зменшено завдяки використанню «інтерактивної матриці».

Загалом, математичну модель міграції ^{137}Cs основними агроландшафтами Українського Полісся сформульовано у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dQ_i}{dt} = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N (a_{ji}Q_j + a_{ij}Q_i) + F_i(t) - \lambda Q_i,$$

де індекс j – номер блоку, в який спрямовано потік радіонукліда; індекс i – номер блоку, з якого цей потік витікає; $F_i(t)$ – надходження забруднювача у блок іззовні за одиницю часу ($\text{Бк м}^{-2}\text{т}^{-1}$); $Q_i(t)$ – уміст радіонуклідів у блоці з номером i (Бк м^{-2}); a_{ji} – ймовірність переходу радіоактивності із блоку j у блок i за одиницю часу ($t-1$); λ – швидкість напіврозпаду ^{137}Cs .

Модель може функціонувати у різних прикладних пакетах числового аналізу на основі використання даних радіологічних обстежень; розрахована на широке коло користувачів і не потребує глибоких спеціальних знань з відповідної галузі.

У розробленій нами моделі зберігається тенденція до повільного спаду концентрації ^{137}Cs в усіх мікроблоках лісової еко-

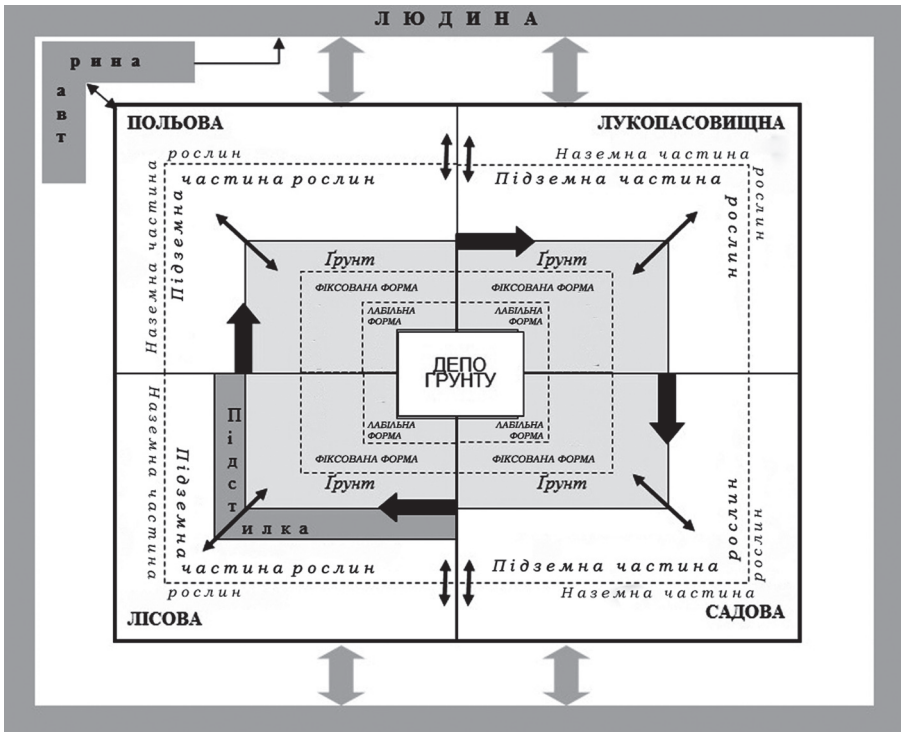


Рис. 1. Концептуальна модель міграції радіонуклідів у агроландшафтах Українського Полісся

системи, що описується експоненційною залежністю (рис. 2-а).

Аналогічними є моделі для садових (рис. 2-б), лукопасовищних (рис. 2-в) та польових (рис. 2-г) екосистем. Різняться вони лише тим, що в польовій, садовій та лукопасовищній екосистемах урахувано обробіток ґрунту, внесення добрив та передбачено врахування поливу.

Незважаючи на загальну подібність з лісовою екосистемою, вміст ^{137}Cs у мікроблоках садової екосистеми досягає свого максимуму на декілька років раніше. Це

зумовлено, насамперед, відсутністю підліска та, особливо, підстилки, яка є своєрідним бар'єром на шляху надходження забруднювачів у глибші шари ґрунту, що утримує їх упродовж певного часу, сповільнюючи колообіг радіонукліда ланками екосистеми. Найвність обробітку ґрунту і удобрення дещо зменшує надходження ^{137}Cs у мікроблок «Дерево».

Завдяки моделюванню лукопасовищних екосистем, за відсутності проміжного бар'єра на шляху початкового аерального забруднення до рослинного покриву

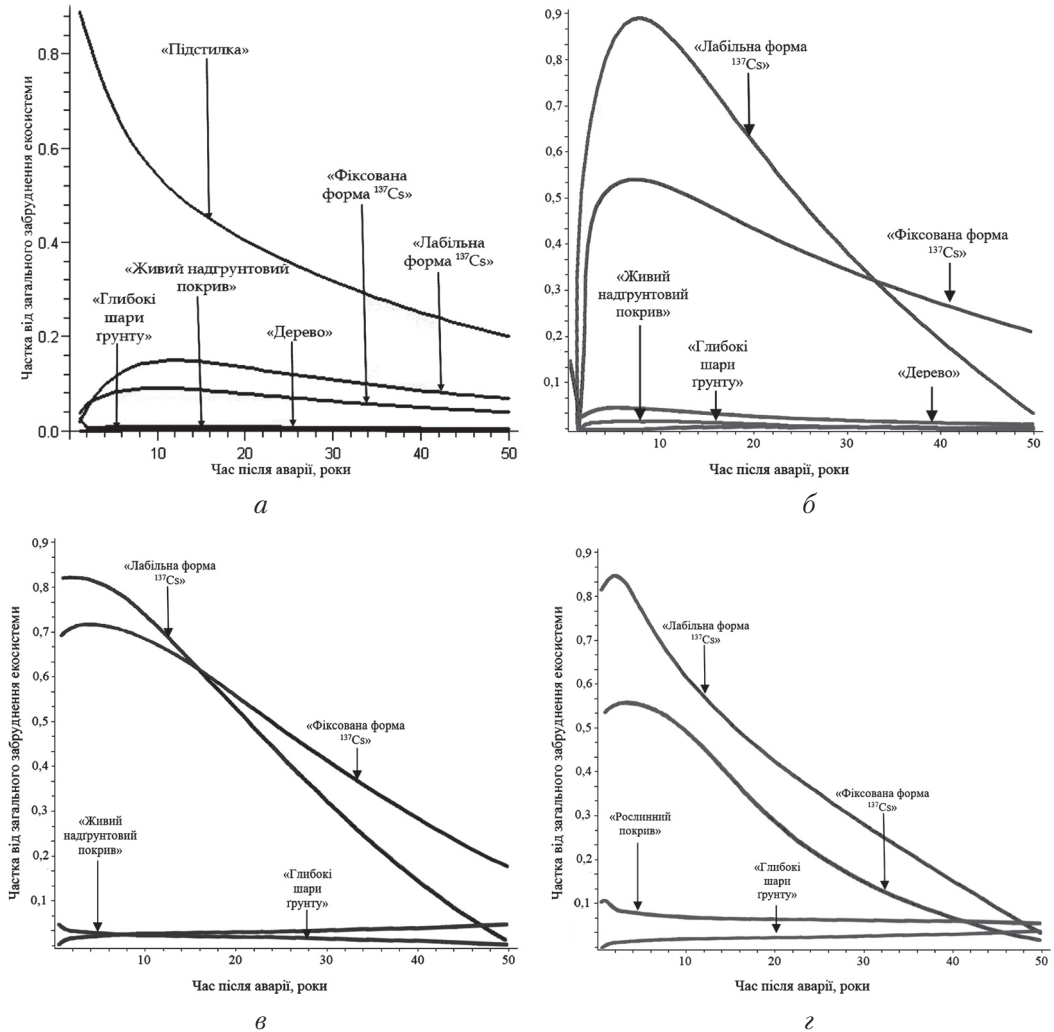


Рис. 2. Динаміка радіоактивного забруднення ^{137}Cs у підблоках моделі: а — лісова; б — садова; в — лукопасовищна; г — польова екосистеми

та ґрунту, вміст ^{137}Cs у всіх мікроблоках екосистеми, окрім глибоких шарів ґрунту (понад 80 см), поступово зменшується внаслідок дії низки як природних, так і антропогенних чинників. Наведені результати передбачають можливість періодичного поліпшення лук, що забезпечується певними операціями з обробітку і удобрення ґрунту. Слід зауважити, що реальна ситуація дещо відрізняється від модельованої, оскільки на практиці поліпшення, особливо докорінне, лук і пасовищ упродовж 1993–1996 рр. здійснювалося не належним чином і не в потрібному обсязі.

Для польових екосистем пік забруднення сільськогосподарських культур припав на перші 8 років після аварії на ЧАЕС, коли ^{137}Cs почав активно надходити не лише аеральним шляхом, але і з ґрунту. Після цього рівень забруднення рослинницької продукції поступово знижувався як унаслідок об'єктивних, незалежних від людини чинників, так і завдяки вжиттю протирадіаційних заходів. Під час моделювання було враховано припущення, що протирадіаційні заходи зреалізовано повною мірою і на постійній основі.

За умови реалізації оптимальної системи протирадіаційних заходів та активної експлуатації для всіх змодельованих екосистем найбільше винесення ^{137}Cs простежується у лісових екосистемах. Наступними за рівнем винесення полютанта є сіножаті та пасовища, іноді — овочеві ділянки. Польові (переважно зернові та зернобобові культури) та садові екосистеми за ступенем винесення радіонуклідів перебувають на останньому місці. Це обумовлено рівнем забруднення певних компонентів екосистем та їх фітомаси, а також вжитими протирадіаційними заходами.

Середньоквадратична похибка прогнозу забруднення ^{137}Cs усіх сільськогосподарських культур сягає рівня 10^{-2} – 10^{-4} , що свідчить про високу точність моделювання. Оскільки у 95% результатів дослідження значення середньої похибки прогнозу наближується до нуля, то, загалом, модель не має упередженості в оцінюванні. Для 80% розрахунків точність (зміщуваність

прогнозу) побудованої моделі не перевищує 30%. Тому можна зробити висновок, що модель міграції ^{137}Cs у ланці «ґрунт — рослина» має високу точність. Відповідно до значень коефіцієнта нерівності Тейла побудовані моделі можна використовувати для прогнозу винесення ^{137}Cs із екосистем. За показником U можна стверджувати, що, загалом, побудовані моделі є якісними, але в прогнозованих значеннях є деяка упередженість. Відношення варіацій US для моделі засвідчує, що вона має низку динамічних властивостей для поглинання варіації реальних рядів і може забезпечити менші систематичні коливання, ніж коливання реальних рядів.

ВИСНОВКИ

Основними відмінностями створеної моделі порівняно з уже існуючими є: використання актуальних показників переходу ^{137}Cs із ґрунту в рослини, урахування антропогенного втручання в агроекосистеми, зокрема, вжиття протирадіаційних заходів, урахування садових екосистем. Під час визначення показників переходу радіонуклідів з одного блоку моделі до іншого, які неможливо визначити за допомогою прямих вимірювань, були враховані також чинники, як-от: поліпшення лук і пасовищ, полив, обробіток ґрунту, внесення добрив, що виокремлює створену модель серед уже існуючих. Найскладнішими з погляду необхідної кількості врахованих показників є лісові екосистеми, а щодо варіабельності антропогенного впливу — польові.

Порівняння результатів моделювання лісового блоку моделі зі схожими моделями інших авторів засвідчило високий рівень збігу. Особливо високим є збіг для блоків форми вмісту радіонукліда в ґрунті — 85 та 81% для фіксованої та лабільної форми ^{137}Cs відповідно. Для глибоких шарів ґрунту частка збігу є найнижчою (60%). Такі результати пояснюються низьким ступенем впливу людини на екосистему і, відповідно, вищою порівняно з польовими чи лукопасовищними екосистемами точністю моделювання.

Верифікація моделі шляхом обчислення низки статистичних показників продемонструвала високу точність прогнозів та відсутність неточностей в оцінюванні. Побудовані макроблоки моделі мають низку динамічних властивостей для поглинання варіації реальних рядів даних і можуть забезпечити менші систематичні коливання порівняно з останніми.

Аналіз результатів моделювання засвідчив, що у всіх без винятку модельованих екосистемах спостерігається зниження

вмісту ^{137}Cs . Цей процес є характерним для всіх вказаних мікроблоків, окрім глибоких шарів ґрунту (понад 80 см), де відбувається повільне накопичення радіонукліда. Виявлено, що за умови реалізації оптимальної системи протирадіаційних заходів усі змодельовані екосистеми утворюють такий низхідний ряд: лісові екосистеми — сіножаті та пасовища (іноді овочеві ділянки) — польові екосистеми (переважно зернові та зернобобові культури) — садові екосистеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екомодель: динамічна модель для радіоекологічної ситуації / В.А. Гірій, В.Р. Заїтов, В.А. Онишук, І.І. Ясковець // *Агроекологія й біотехнологія*. — 1999. — № 3. — С. 25–34.
2. *Nikolova I.* The accumulation of ^{137}Cs in the biological compartment of forest soils / I. Nikolova, K.J. Johanson, S. Clegg // *Journal of Environmental Radioactivity*. — 2000. — Vol. 47. — P. 319–326.
3. *Jongmans A.G.* Rock-eating fungi / A.G. Jongmans // *Nature*. — 1997. — Vol. 389. — P. 682–683.
4. *Rafferty B.* Decomposition in two pine forests: the mobilisation of ^{137}Cs and K from forest litter / B. Rafferty, D. Dawson, A. Kliashtorin // *Soil Biol. Biochem.* — 1997. — Vol. 29, No. 11/12. — P. 1673–1681.
5. *Steiner M.* The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems / M. Steiner, I. Linkov, S. Yoshida // *Journal of Environmental Radioactivity*. — 2002. — Vol. 58 — P. 217–241.
6. *Василенков С.В.* Технологии и технические решения по реабилитации радиоактивно загрязненных цезием территорий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С.В. Василенков. — М., 2017. — 51 с.
7. Накопичення ^{137}Cs головними лісоутворювальними деревними породами Центрального Полісся / В.П. Краснов, В.М. Турко, С.П. Ірклієнко, І.Д. Іванюк // *Лісівництво й агролісомеліорація*. — 1999. — Вип. 95. — С. 9–15.
8. *Прикладная радиоэкология леса: Монография / [В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.А. Бузун и др.]; под ред. д-ра с.-х. наук В.П. Краснова. — Житомир: Полісся, 2007. — 680 с.*
9. *Краснов В.П.* Радиоэкология съедобных макромицетов / В.П. Краснов, А.А. Орлов, Т.В. Курбет. — Житомир: Вольнь, ЧП «Рута», 2006. — 220 с.
10. Порівняльна оцінка ролі різних компонентів лісової екосистеми лишайникового бору у розподілі сумарної активності ^{137}Cs / [О.О. Орлов, С.П. Ірклієнко, О.Л. Прищеп та ін.] // *Проблеми екології лісу та лісокористування на Поліссі України*. — 2001. — Вип. 2(8). — С. 10–25.
11. Результаты динамического моделирования радиоэкологической обстановки в Украинском Полесье и сравнение их с данными измерений / И.И. Ясковец, В.А. Гиррий, В.А. Онишук, Л.И. Шпиннар // *Агроекологічний журнал*. — 2001. — № 2. — С. 62–67.
12. Simulation of ^{137}Cs migration over the soil–plant system of peat soils contaminated after the Chernobyl accident / S.V. Fesenko, S.I. Spiridonov, N.I. Sanzharova et al. // *Russian Journal of Ecology*. — 2002. — Vol. 33, No. 3. — P. 170–177.
13. *Goor F.* Processes, dynamics and modelling of radio-caesium cycling in a chronosequence of Chernobyl contaminated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations / F. Goor, Y. Thiry // *Science of the Total Environment*. — 2004. — Vol. 325 — P. 163–180.
14. *Mamikhin S.V.* A simulation model of 3D migration of Cs-137 in soils / S.V. Mamikhin, W.M. Badawy // *Вестник Московского университета*. — 2011. — № 4. — С. 32–36. — (Серия: Почвоведение).
15. *Maskalchuk L.* Modeling of ^{137}Cs migration from soil to plants after usage of chemical matters / L. Maskalchuk, A. Baklay, T. Leontieva // *World Journal of Nuclear Sciences & Engineering*. — 2014. — Vol. 1, No. 1. — P. 1–7.
16. Modelling the migration and accumulation of radionuclides in forest ecosystems: Final report on the BIOMASS Forest Working Group activities 1998–2000. — Vienna: IAEA, 2000. — 125 p.
17. Model-directed sampling in Chernobyl forests: general methodology and 1994 sampling program / [W.R. Schell, I. Linkov, V. Remkevich et al.] // *The Science of the Total Environment*. — 1996. — No. 180. — P. 119–240.
18. *Перетятко Є.Є.* Метод розширення динамічних компартментних моделей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах / Є.Є. Перетятко, Л.А. Прокіпенко, І.І. Ясковець // *Агроекологічний журнал*. — 2006. — № 2. — С. 58–63.

REFERENCES

- Hiriy, V.A., Zayitov, V.P., Onyshchuk, V.A., & Yaskovets, I.I. (1999). Ekomodel: dynamichna model dlya radioekolohichnoyi sytuatsiyi [Ecomodel: dynamic model for Radiological situation]. *Ahroekolohiya y biotekhnolohiya – Agroecology and biotechnology*, 3, 25–34 [in Ukrainian].
- Nikolova, I., Johanson, K.J., & Clegg, S. (2000). The accumulation of ^{137}Cs in the biological compartment of forest soils. *Journal of Environmental Radioactivity*, 47, 319–326 [in English].
- Jongmans, A.G. (1997). Rock-eating fungi. *Nature*, 389, 682–683 [in English].
- Rafferty, B., Dawson, D., & Kliashorin, A. (1997). Decomposition in two pine forests: the mobilisation of ^{137}Cs and K from forest litter. *Soil Biol. Biochem*, 29(11/12), 1673–1681 [in English].
- Steiner, M., Linkov, I., & Yoshida, S. (2002). The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems. *Journal of Environmental Radioactivity*, 58, 217–241 [in English].
- Vasilenkov, S.V. (2017). Tehnologii i tehnicheskie resheniya po rehabilitatsii radioaktivno zagryaznennykh terytoriy [Technologies and technical solutions for the rehabilitation of territories contaminated by cesium]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Moskva [in Russian].
- Krasnov, V.P., Turko, V.M., Irklienko, S.P., & Ivan-yuk, I.D. (1999). Nakopychennia ^{137}Cs holovnyimi lisoutvoriuvalnymi derevnymi porodamy Tsentralnoho Polissia [^{137}Cs accumulation is the main forest-forming wood species of the Central Polesie]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia – Forestry and agroforestry*, 95, 9–15 [in Ukrainian].
- Krasnov, V.P., Orlov, A.A., Buzun, V.A. et al. (2007). *Prikladnaja radioekologija lesa: monografija* [Applied Forest Radioecology: monograph]. V.P. Krasnov (Ed.). Zhytomyr: Polissia [in Russian].
- Krasnov, V.P., Orlov, A.A. & Curvet, T.V. (2006). *Radioekologija syedobnykh makromicetov* [The radioecology of edible macromycetes]. Zhitomir: Volyn', ChP «Ruta» [in Russian].
- Orlov, O.O., Irklienko, S.P., & Pryshchepa, O.L. et al. (2001). Porivnialna otsinka roli riznykh komponentiv lisovoi ekosystemy lyshainykovoho boru u rozpodili sumarnoi aktyvnosti ^{137}Cs [Comparative evaluation of the role of different components of the lichen pine forest ecosystem in the distribution of ^{137}Cs total activity]. *Problemy ekolohii lisu ta lisokorystuvannia na Polissi Ukrainy – Problems of forest ecology and forest management in the Polesie of Ukraine*, 2(8), 10–25 [in Ukrainian].
- Yaskovets, I.I., Giryi, V.A., Onischuk, V.A., & Spin-nar, L.I. (2001). Rezultaty dinamicheskogo modelirovaniya radioekologicheskoy obstanovki v Ukrain-skom Polesye i sravnenie ih s dannymi izmerenij [The results of dynamic modeling of the radioecological situation in Ukrainian Polesie and their comparison with measurement data]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 62–67 [in Russian].
- Fesenko, S.V., Spiridonov, S.I., Sanzharova, N.I., Ani-simov, V.S., & Aleksakhin, R.M. (2002). Simulation of ^{137}Cs migration over the soil–plant system of peat soils contaminated after the Chernobyl accident. *Russian Journal of Ecology*, 33(3), 170–177 [in English].
- Goor, F., & Thiry, Y. (2004). Processes, dynamics and modelling of radiocaesium cycling in a chrono-quence of Chernobyl contaminated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations. *Science of the Total Environment*, 325, 163–180 [in English].
- Mamikhin, S.V., & Badawy, W.M. (2011). A simula-tion model of 3D migration of Cs-137 in soils. *Vesnyk Moskovskoho Unyversyteta: Pochvovedenye – Bulletin of Moscow University: Soil science*, 4, 32–36 [in English].
- Maskalchuk, L., Baklay, A., & Leontieva, T. (2014). Modeling of ^{137}Cs migration from soil to plants after usage of chemical matters. *World Journal of Nuclear Sciences & Engineering*, 1(1), 1–7 [in English].
- Modelling the migration and accumulation of ra-dionuclides in forest ecosystems. Final report on the BIOMASS Forest Working Group activities 1998–2000*. (2002). Vienna: IAEA [in English].
- Schell, W.R., Linkov, I., Remkevich, V., Chistic, O., Lutsko, A., Dvornik, A.M., & Zhuchenko, T.A. (1996). Model-directed sampling in Chernobyl forests: general methodology and 1994 sampling program. *The Science of the Total Environment*, 180, 119–240 [in English].
- Peretyatko, Y.Y., Prokopenko, L.A., & Yaskovets, I.I. (2006). Metod rozshyrennia dynamichnykh kom-partmentnykh modelei mihratsii radionuklidiv u liso-vykh ekosystemakh [Method for extending dynamic compartmental models of radionuclide migration in forest ecosystems]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agro-ecological journal*, 2, 58–63 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 18.01.2020

БІОІНДИКАЦІЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ^{137}Cs ЗА ВИКОРИСТАННЯ ТЕСТ-ОБ'ЄКТІВ

А.П. Павленко¹, О.О. Орлов¹, В.П. Ландін², Г.М. Чоботько⁴,
О.Г. Тищенко², О.Г. Мусич³, В.Л. Соломко⁴, В.П. Фещенко⁴

¹ Поліська філія Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького

² Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України

³ Інститут геохімії навколишнього середовища

⁴ Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто питання біоіндикації радіаційних забруднень та радіоекологічного моніторингу лісових екосистем у різних природно-кліматичних зонах. З часів глобальних випадів радіонуклідів наприкінці 1950-х — початку 1970-х років встановлено, що підвищені концентрації техногенних радіонуклідів «бомбового» походження, у разі їх аерального надходження до лісових екосистем, на початковому періоді спостерігаються у кронах дерев, переважно, хвої і листі, а згодом — у лісовій підстилці. Встановлено, що інформацію стосовно сучасних рівнів радіоактивного забруднення компонентів лісових екосистем можна отримати на основі двох підходів: 1) аналізу результатів екстенсивного радіоекологічного моніторингу відповідних видів продукції лісового господарства, з відбором та аналізом значної кількості зразків; 2) біоіндикаційного — аналізу радіоактивного забруднення (питомої активності ^{137}Cs) у тест-об'єктах з використанням деяких видів судинних рослин. Зауважено, що тест-об'єктами, які використовуються для біоіндикації радіоактивного забруднення лісових екосистем, зазвичай, є вищі рослини (мохоподібні та судинні рослини), лишайники та гриби.

Ключові слова: лісові екосистеми, вищі судинні рослини, радіоактивне забруднення, радіоекологічний моніторинг, тест-об'єкти, питома активність ^{137}Cs , коефіцієнти переходу.

Дослідження характеристик радіоактивного забруднення лісових екосистем та вибір тест-об'єктів радіоекологічного моніторингу надає змогу прогнозувати ступінь забруднення конкретних видів продукції лісового господарства на лісотипологічній основі, а також швидко і своєчасно реагувати на можливі підвищення визначених раніше рівнів радіоактивного забруднення лісових екосистем, тобто фіксувати атмосферні випадіння радіонуклідів.

Для біоіндикації радіоактивного забруднення лісових екосистем, зазвичай, використовуються вищі рослини (мохоподібні та судинні рослини), лишайники та гриби. Однак спеціальні дослідження з цієї проблеми в Україні не проводилися, а отримані численні дані щодо акумуляції ^{137}Cs у

згаданих вище тест-об'єктах були отримані у різні роки, в різних регіонах та лісорослинних умовах, на різних видах, і наразі є розпорошеними у науковій літературі, що унеможливує їх використання для сучасного радіоекологічного моніторингу.

Тому вибір тест-об'єктів з переліку вищих рослин, лишайників, грибів та вивчення закономірностей умісту в них ^{137}Cs залежно від лісорослинних умов та щільності забруднення лісових екосистем вказаним радіонуклідом, отримання співвідношення питомої активності ^{137}Cs у досліджуваних тест-об'єктах і цінних господарських видах рослин (деревних, ягідних, лікарських) та грибах є актуальним науково-практичним завданням.

Таке завдання є особливо важливим для Українського Полісся — одного з найбільш постраждалих регіонів України внаслідок аварії на ЧАЕС, де переважання бореаль-

© А.П. Павленко, О.О. Орлов, В.П. Ландін,
Г.М. Чоботько, О.Г. Тищенко, О.Г. Мусич,
В.Л. Соломко, В.П. Фещенко, 2020

них ландшафтів зумовлює інтенсивну міграцію ^{137}Cs із ґрунту у вищі судинні рослини та гриби.

Загальні проблеми радіоекологічного моніторингу лісових екосистем та біоіндикації радіаційних забруднень аналізуються вченими-радіоекологами з початком глобальних випадів радіонуклідів наприкінці 1950-х — початку 1970-х років [1, 2]. Зокрема, ними було встановлено, що за аерального надходження техногенних радіонуклідів «бомбового» походження у лісові екосистеми підвищені концентрації спостерігалися у кронах дерев, переважно у хвої і листі — на початку випадів, а згодом — у лісовій підстилці.

У певних видах біоти, наприклад, лишайниках та грибах, рівні питомої активності ^{137}Cs були значно вищими, ніж у судинних рослинах, що дає підстави виділити їх як біоіндикатори радіоактивного забруднення екосистем [2].

Подібні дослідження тривали і після Чорнобильської аварії. Особливу актуальність як у період глобальних випадів радіонуклідів, що утворилися внаслідок випробувань ядерної зброї у відкритому просторі Землі, так і після Чорнобильської катастрофи мали проблеми радіоекологічного моніторингу [3–6].

Базовими методичними документами з проблем радіаційного моніторингу є публікації МКРЗ (ICRP). Передусім, слід навести публікацію 7 МКРЗ «Принципи моніторингу навколишнього середовища за використання радіоактивних речовин» (1966 р.) (ICRP Publication 7) [7] з більш пізніми доповненнями, внесеними у публікації 43 МКРЗ «Принципи моніторингу у радіаційному захисті населення» (1985 р.) (ICRP Publication 43) [8]. Також опубліковано фундаментальне видання щодо організації моніторингу навколишнього середовища у районах розташування АЕС [9].

У наукових публікаціях [5, 10–12] детально розглянуто поняття радіоекологічного моніторингу, його мету, завдання, рівні, критерії, об'єкти, схему функціонування.

Так, радіоекологічний моніторинг лісових екосистем — це система регулярних спостережень у часі і просторі, контролю, аналізу і оцінки інформації про потужність випромінювання і міграцію радіонуклідів у лісах [5]. Додається, що моніторинг — це не метод, а методологія. Не існує специфічних методів, властивих лише моніторингу, і проводиться він різними методами відповідних наук: геохімії, генетики, цитології, радіобіології, радіоекології тощо.

Універсальним методом моніторингу виступає метод порівняльної екології — порівняння сучасного стану навколишнього природного середовища або деяких його параметрів з відповідними даними, отриманими раніше.

Критерії, обов'язкові для радіоекологічного моніторингу, що повинні виконуватися одночасно, є такими:

- репрезентативність точок спостережень і кількості вимірювань (пробовідборів);
- послідовність, певна періодичність і безперервність спостережень;
- єдина методична основа і забезпечення приладами для проведення досліджень;
- стабільність у дослідженні запроєктованих параметрів (їх можна доповнювати, корегувати, але не змінювати докорінно);
- уніфікація базових програм накопичення і обробки отриманих даних;
- можливість використання ГІС на кожній стадії проведення спостережень та аналізу даних [5].

Проблеми біоіндикації радіоактивного забруднення лісових екосистем за допомогою тест-об'єктів (судинних рослин, мохів, грибів, лишайників) узагальнили у програмній статті російські радіоекологи [13]. Зокрема, було наведено дані щодо більш ніж 10-кратної різниці питомої активності ^{137}Cs у тканинах та органах сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), фізіологічно активні органи якої (хвоя та пагони першого року) можуть бути достовірними тест-об'єктами радіоактивного забруднення лісових екосистем ^{137}Cs . Крім того, цей деревний вид характеризується низькою радіостійкістю, тому є придатним для вивчення впливу

гамма-випромінювання на організм рослини.

Серед видів судинних рослин трав'яночагарничкового ярусу лісових екосистем суборів (трофотоп В) дослідники [14] виділили масові трав'яні види — конвалію звичайну (*Convallaria majalis*) та орляка звичайного (*Pteridium aquilinum*). Питома активність ^{137}Cs щодо цих видів у середньому є у 10 разів вищою порівняно з іншими рослинами досліджуваного ярусу лісової флори. Це дало підстави дослідникам рекомендувати вказані види як «акумулятивні індикатори» радіоактивного забруднення ^{137}Cs (тест-об'єкти біоіндикації). У бідніших борових умовах біоіндикатором та тест-об'єктом радіоактивного забруднення лісових екосистем згаданим радіонуклідом рекомендовано використовувати верес звичайний (*Calluna vulgaris*).

Значна увага була приділена радіоактивності мохово-лишайникового покриву лісів та біоіндикації забруднення цих екосистем ^{137}Cs [15]. За даними досліджень здатність мохів та лишайників акумулювати вказаний радіонуклід більш ніж на порядок перевищує відповідні значення вищих рослин-акумуляторів ^{137}Cs у тій самій екосистемі [16].

Зроблено висновок, що найбільшою акумуляцією ^{137}Cs у лісових біогеоценозах серед зелених мохів відзначаються зозулин льон звичайний (*Polytrichum commune*) та плеурозій Шребера (*Pleurozium schreberi*) і лише трохи меншою — види роду дикранум (*Dicranum sp.*). Підкреслено, що сфагнові мохи западин у лісах або у заболочених лісах акумулюють ^{137}Cs у 1,5–2,0 рази інтенсивніше порівняно із зеленими мохами. Рекомендовано як тест-об'єкти біоіндикації використовувати всі наведені вище види мохів дослідно від екологічних умов території дослідження.

Лишайники мають різноманітні життєві форми, які можливо розмістити у відповідний ранжируваний ряд за здатністю акумулювати ^{137}Cs : епіфітні листуваті > епіфітні кущисті > епігеїні листуваті > епігеїні кущисті. Узагальнено дані, що найчастіше застосову-

ється (для біоіндикації ^{137}Cs у лісових екосистемах) епіфітний листуватий лишайник гіпогімнія здута (*Hypogymnia physodes*). Однак зауважено, що епігеїні мохи та лишайники характеризуються значним видовим різноманіттям та високою здатністю до акумуляції ^{137}Cs , тому дослідниками рекомендовано для біоіндикації радіоактивного забруднення екосистем використовувати не один вид мохів або лишайників, а весь мохово-лишайниковий ярус.

Так, низкою науковців [13] було узагальнено можливості використання вищих рослин (судинних та мохоподібних), лишайників та грибів для біоіндикації радіоактивного забруднення лісових екосистем ^{137}Cs , а також у складі кожної з цих груп біоти було виділено тест-об'єкти для проведення радіоекологічного моніторингу.

У лісових екосистемах України зростають близько 600 видів судинних рослин, значна частина яких є цінними господарськими деревними ресурсами, дикорослою ягідною та рослинною лікарською сировиною. Судинні рослини навіть в одному фітоценозі відрізняються за здатністю накопичувати ^{137}Cs із ґрунту у надземній фітомасі у 20–50 разів [17].

Щодо інтенсивності акумуляції ^{137}Cs деревними видами лісових екосистем Українського Полісся опубліковано низку досліджень. Зокрема, величини коефіцієнта переходу (КП) згаданого радіонукліда у структурні компоненти деревостану у чорновільхових лісах сирих сугрудів (C_4) наведено на рисунку 1.

Так, максимальні значення КП є характерними для листя, а мінімальні — для деревини різних порід у деревостанах. Зокрема, середнє значення КП ^{137}Cs у *Alnus glutinosa* у згаданих структурних компонентах відповідно становили: $40,51 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ та $4,51 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$; у *Quercus robur* — $30,92 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ та $3,90 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$; у *Fraxinus excelsior* — $27,21 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$ та $3,35 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$.

Різниця знаєнь КП становила: у *Alnus glutinosa* — 9,0 разів; у *Quercus robur* — 7,9; у *Fraxinus excelsior* — 8,1 раза. Отже, у складному деревостані найінтенсивніше

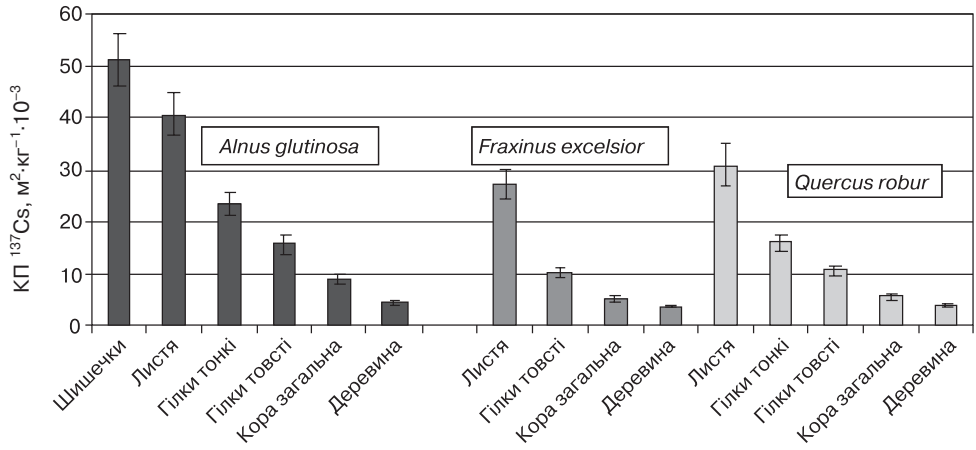


Рис. 1. Середні значення КП ¹³⁷Cs із ґрунту у структурні компоненти видів деревного ярусу чорновільхового лісу

¹³⁷Cs акумулюється у структурних компонентах домінуючого виду *Alnus glutinosa*.

У цій екосистемі у трав'яно-чагарничковому ярусі різниця середніх значень КП ¹³⁷Cs із ґрунту у наземну фітомасу була значно більшою (рис. 2). Так, максимальна інтенсивність акумуляції ¹³⁷Cs у згаданому

ярусі була характерною для *Impatiens noli-tangere* – 182,2 м²·кг⁻¹·10⁻³, а мінімальна – для *Poa turfosa* – 22,2 м²·кг⁻¹·10⁻³.

Отже, міжвидова різниця середніх значень КП у видах досліджуваного ярусу становить 8,2 раза, що є доволі типовим показником.

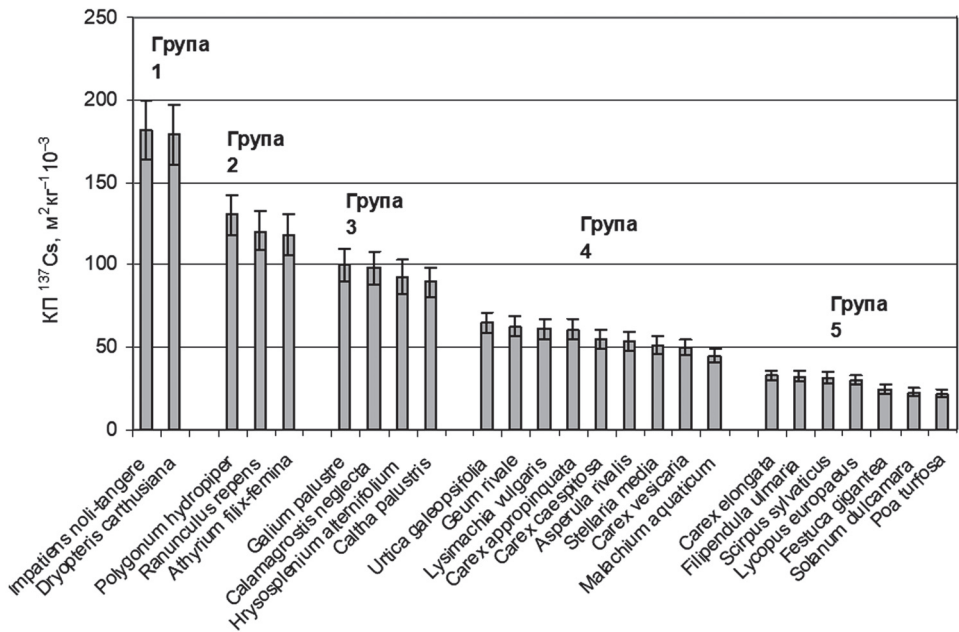


Рис. 2. Середні значення КП ¹³⁷Cs із ґрунту до видів трав'яно-чагарничкового ярусу чорновільхових лісів сирих суборів

За середнім значенням КП ¹³⁷Cs із ґрунту до фітомаси всі види трав'яно-чагарничкового ярусу цієї пробної площі були розділені на однорідні групи, в межах яких відмінності середніх значень не були істотними на 95% довірчому рівні.

Нами проаналізовано таксономічний склад виділених однорідних груп видів, на основі чого зроблено висновок, що всі вони є різнірідними в таксономічному аспекті. Так, групу 1 утворюють види родин *Balsaminaceae*, *Dryopteridaceae*; групу 2 – *Polygonaceae*, *Ranunculaceae*, *Athyriaceae*; групу 3 – *Rubiaceae*, *Poaceae*, *Saxifragaceae*, *Ranunculaceae*; групу 4 – *Urticaceae*, *Rosaceae*, *Primulaceae*, *Cyperaceae*, *Rubiaceae*, *Caryophyllaceae*; групу 5 – *Cyperaceae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Solanaceae*.

Було виявлено, що представники однієї родини можуть входити до різних груп. Крім того, істотні міжвидові відмінності значень інтенсивності акумуляції ¹³⁷Cs (95% довірчий рівень) спостерігаються у межах окремого роду. Зокрема, представники роду *Carex* розподілилися у 3-й та 4-й групах з діапазоном середніх значень КП — від 60,9 м²·кг⁻¹·10⁻³ у *Carex appropinquata* до 33,2 м²·кг⁻¹·10⁻³ у *Carex elongata*.

Зважаючи на постійність видів у згаданому ярусі лісу та середні значення КП ¹³⁷Cs як тест-об'єкти радіоактивного

забруднення вказаної лісової екосистеми можуть бути рекомендовані: розривтрава звичайна (*Impatiens nolitangere*), щитник шартрський (*Dryopteris carthusiana*), гірчак перцевий (*Polygonum hydro-piper*) та жовтець повзучий (*Ranunculus repens*).

Аналогічні дослідження також були проведені у дубово-соснових лісах вологих сугрудів (С₃) Житомирського Полісся. Авторами проаналізовано дані акумуляції ¹³⁷Cs у 44 видах судинних рослин трав'яно-чагарничкового ярусу досліджуваних екосистем та визначено середні значення КП радіонукліда із ґрунту (рис. 3).

Так, найбільшою інтенсивністю акумуляції ¹³⁷Cs із ґрунту характеризувалися види однорідної групи – щитник шартрський (*Dryopteris carthusiana*) з середнім значенням КП 5,50 м²·кг⁻¹·10⁻³ та 5,90±0,873 м²·кг⁻¹·10⁻³ та щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas*) з середнім значенням показника 5,90±0,873 м²·кг⁻¹·10⁻³. Саме ці види можуть бути рекомендовані як тест-об'єкти для біоіндикації радіоактивного забруднення ¹³⁷Cs досліджуваної лісової екосистеми.

Встановлено, що міжвидова різниця середніх значень КП ¹³⁷Cs у видах трав'яно-чагарничкового ярусу у згаданому фітоценозі становила 32,8 раза.

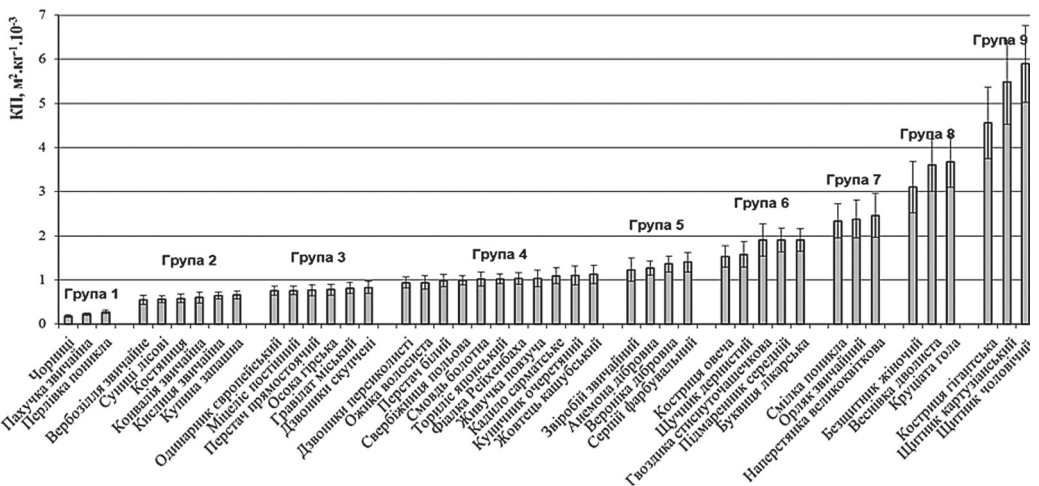


Рис. 3. Середні величини КП ¹³⁷Cs із ґрунту до наземної фітомаси видів трав'яно-чагарничкового ярусу дубово-соснових лісів вологих сугрудів (С₃), за 2018 р.

Міграційну здатність ^{137}Cs у ґрунтово-рослинному покриві лісів трофотопу суборів кількісно оцінено [18] за величиною КП ^{137}Cs у наземну фітомасу головних рослин-індикаторів, що трапляються у суборах Українського Полісся з високою постійністю. Отримані дані узагальнено у таблиці.

У вологих суборах (В₃) Полісся України, головним ценозом яких є сосняк чорничник-зеленомошник, величина КП у всіх видів у 1,3–4,5 раза є вищою, ніж у таких самих видів у свіжих суборах. Концентраторами ^{137}Cs у екологічних умовах останніх є папороті – щитник шартрський

Екологічна та радіоекологічна характеристика видів рослин-індикаторів типів лісорослинних умов у суборах Полісся України (фрагмент) [19]

№ пор.	Вид	Екологічна характеристика	Індикаційне значення	Середнє значення КП ^{137}Cs із ґрунту до наземної фітомаси, $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$			
				В2	В3	В4	В5
1	Плаун булавоподібний	Мезоеуτροφ, мезофіт	В ₂ , В ₃ , С ₂ , С ₃	22± 2,8	45± 9,7	–	–
2	Хвоц зимуючий	Мезоеуτροφ, мезофіт	С ₃ , С ₂ , В ₃ , В ₂	17± 5,0	22± 2,7	–	–
3	Щитовник шартрський	Мезоеуτροφ, мезогірофіт	В ₃₋₄ , С ₃₋₄	590± 45,9	718± 75,9	780± 88,6	–
4	Орляк звичайний	Мезотроф, мезофіт	В ₂ , В ₃ , С ₂ , С ₃	496± 23,9	566± 42,1	–	–
5	Сон розкритий	Олігомезотроф, ксеромезофіт	В ₂ , А ₂ , С ₂	14± 5,6	–	–	–
6	Перстач білий	Мезоеуτροφ, мезофіт	С ₂₋₃ , В ₂	23± 4,2	–	–	–
7	Суниці лісові	Мезоеуτροφ, мезофіт	В ₂ , С ₂	17± 8,7	–	–	–
8	Герань криваво-червона	Мезоеуτροφ, мезофіт	В ₂ , С ₂	2± 0,5	–	–	–
9	Андромеда багатоліста	Оліготроф, гірофіт	А ₅ , В ₅ , А ₄ , В ₄	–	–	130± 43,5	185± 57,4
10	Верес звичайний	Олігомезотроф, мезофіт	А ₂ , В ₂ , А ₃ , В ₃ , С ₂₋₃	45± 12,3	110± 35,6	252± 68,0	–
11	Багно звичайне	Олігомезотроф, гірофіт	А ₄ , В ₄ , А ₅ , В ₅	–	80± 19,4	166± 45,7	250± 74,8
12	Грушанка круглоліста	Мезоеуτροφ, мезофіт	В ₂ , С ₂ , В ₃ , С ₃	5± 0,4	8± 1,0	–	–
13	Журавлина болотна	Оліготроф, гірофіт	А ₄ , В ₄ , А ₅ , В ₅	–	–	370± 80,0	446± 79,4
14	Чорниця	Олігомезотроф, мезогірофіт	А ₃ , В ₃ , А ₄ , В ₄ , С ₃	28± 7,8	107± 27,0	230± 32,0	–
15	Брусниця	Олігомезотроф, мезофіт	А ₂ , В ₂ , А ₃ , В ₃ , С ₂ , С ₃	29± 3,5	100± 17,9	265± 83,5	–
16	Одинарник європейський	Мезотроф, мезофіт	В ₃ , В ₂ , С ₂ , С ₃ , В ₄ , С ₄	72± 14,0	98± 9,7	156± 47,9	–

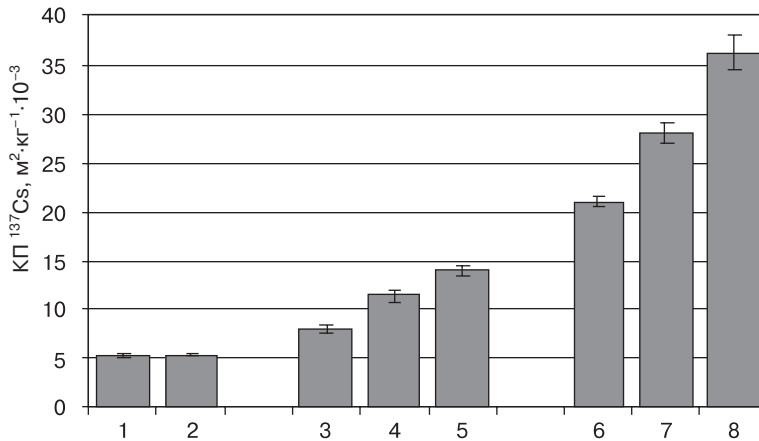


Рис. 4. Середні значення КП ^{137}Cs до лікарської сировини сухих борів (А1): 1. Золотушник звичайний, суцвіття; 2. Кмин пісковий, суцвіття; 3. Чебрець повзучий, трава; 4. Пижмо звичайне, трава; 5. Звіробій звичайний, трава; 6. Мучниця, листя; 7. Фіалка триколірна, трава; 8. Сосна звичайна, бруньки

(*Dryopteris carthusiana*) та орляк звичайний (*Pteridium aquilinum*), а також види родини вересових – верес звичайний (*Calluna vulgaris*), чорниця (*Vaccinium myrtillus*), брусниця (*Vaccinium vitis-idaea*) тощо. Усі перелічені вище види-концентратори ^{137}Cs можуть бути рекомендовані для використання як тест-об'єкти для біоіндикації радіоактивного забруднення ^{137}Cs лісових екосистем у вологих суборах.

Найбільша кількість видів-індикаторів є характерною для соснових і сосново-дубових лісів різнотравно-зеленомошних свіжих суборів [20], в умовах яких більшість видів характеризується помірним накопиченням радіонукліда з ґрунту ($40 > \text{КП} > 10$). Серед видів, що значно акумулюють ^{137}Cs ($100 > \text{КП} > 40$), є: костяниця (*Rubus saxatilis*), одинарник європейський (*Trientalis europaea*), а також папороті і веснівка дволиста (*Maianthemum bifolium*) – ^{137}Cs ($\text{КП} > 100$), які можуть бути рекомендовані як тест-об'єкти радіоекологічного моніторингу.

Було узагальнено дані щодо інтенсивності акумуляції ^{137}Cs дикорослими лікарськими рослинами в лісах України [21]. Дослідниками наведено численні ряди дикорослих лікарських рослин за едатопами, зокрема сухих борів (А1) (рис. 4).

За показниками коефіцієнтів переходу ^{137}Cs у біомасу в умовах сухих борів лікарські рослини об'єднано у три групи, а саме:

- перша група – до $5 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$
- друга група – $5\text{--}15 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$
- третя група – $15\text{--}37 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot 10^{-3}$.

Тобто згруповано рослини з мінімальними, середніми і максимальними показниками акумуляції ^{137}Cs з ґрунту.

Отже, узагальнені емпіричні дані хоча і не втратили наукового значення, але є дещо застарілими, оскільки були отримані 15 років тому. У віддалений період після аварії на ЧАЕС вони потребують значної актуалізації до сучасних умов.

ВИСНОВКИ

Дослідження характеристик радіоактивного стану лісових екосистем дає змогу прогнозувати ступінь забруднення конкретних видів продукції лісового господарства на лісотипологічній основі, а також швидко і своєчасно реагувати на прояви підвищення визначених раніше рівнів радіоактивного забруднення компонентів лісових екосистем, тобто фіксувати атмосферні випадіння радіонуклідів.

Інформацію щодо сучасних рівнів радіоактивного забруднення компонентів лісо-

вих екосистем можна отримати на основі аналізу результатів екстенсивного радіо-екологічного моніторингу відповідних видів продукції лісового господарства та аналізу питомої активності ^{137}Cs у тест-об'єктах з використанням певних видів судинних рослин.

Тест-об'єктами, які використовуються для біоіндикації радіоактивного забруднення лісових екосистем, зазвичай, є вищі рослини (мохоподібні та судинні рослини),

лишайники та гриби. З деревних рослин тест-об'єктами можуть використовуватися деякі вегетативні органи: у сосни звичайної — однорічна хвоя та однорічні пагони; у листяних порід — листя.

У різних типах лісорослинних умов акумуляція ^{137}Cs рослинами трав'яно-чагарничкового ярусу лісових екосистем є видоспецифічною. Для кожного типу лісорослинних умов набір тест-об'єктів також є специфічним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Молчанова И.В. Радиоактивные изотопы в системе «почва — растение» / И.В. Молчанова, Н.В. Куликов. — М.: Атомиздат, 1972. — 146 с.
2. Моисеев А.А. Цезий-137 в биосфере / А.А. Моисеев, П.В. Рамзаев. — М.: Атомиздат, 1975. — 184 с.
3. Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы / Ф.А. Тихомиров. — М.: Атомиздат, 1972. — 176 с.
4. Тихомиров Ф.А. Радиационный мониторинг почвенно-растительного покрова / Ф.А. Тихомиров, Р.М. Алексахин // Вестн. Москов. ун-та. — 1987. — № 1. — С. 30–35. — (Сер. 17: Почвоведение).
5. Краснов В.П. Радиационный мониторинг лісових екосистем на прикладі дикорослих ягідних рослин / В.П. Краснов, О.О. Орлов // Науковий вісник УкрДЛТУ. — 2002. — Вип. 12.4. — С. 151–154.
6. Краснов В.П. Концептуальное положение радиационного мониторинга лесных экосистем / В.П. Краснов, О.О. Орлов, Т.В. Курбет // Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: Труды Международной конференции (Москва, 5–6 декабря 2005 г.). — Т. 3. — Спб.: Гидрометеоиздат, 2006. — С. 103–108.
7. ICRP Publication 7. Principles of environmental monitoring related to the handling of radioactive materials. — London: Pergamon Press, 1966. — 44 p.
8. ICRP Publication 43. Principles of environmental monitoring for radiation protection of human population. — London: Pergamon Press, 1985. — 50 p.
9. Руководство по организации контроля природной среды в районе расположения АЭС / К.П. Махонько и др.; под ред. К.П. Махонько. — Л.: Гидрометеоиздат, 1990. — 264 с.
10. Мусиенко Н.Н. Экология. Охрана природы: Словарь-справочник / Н.Н. Мусиенко, В.В. Серебряков, А.В. Брайон. — К.: Общество «Знання», КОО, 2002. — 550 с.
11. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: учебник / В.А. Алексеенко. — М.: Логос, 2000. — 627 с.
12. Kovács M. Monitoring system / M. Kovács // Biological indicators in environmental protection. — Chichester: Ellis Harwood Ltd., 1992. — P. 12–15.
13. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС / А.И. Щеглов. — М.: Наука, 1999. — 268 с.
14. Нифонтова М.Г. О накоплении ^{90}Sr и ^{137}Cs лишайниками в природных условиях / М.Г. Нифонтова, Н.В. Куликов // Экология. — 1977. — № 3. — С. 93–96.
15. Нифонтова М.Г. ^{137}Cs в растениях окрестностей Белоярской атомной электростанции им. И.В. Курчатова / М.Г. Нифонтова, Н.В. Куликов // Экология. — 1984. — № 5. — С. 81–83.
16. Нифонтова М.Г. Динамика содержания долгоживущих радионуклидов в мохово-лишайниковой растительности / М.Г. Нифонтова // Экология. — 1997. — № 4. — С. 273–275.
17. Шитюк К.Ф. Порівняльна оцінка розподілу ^{137}Cs в екосистемах соснових та сосново-дубових лісів Українського Полісся / К.Ф. Шитюк, О.О. Орлов, С.Д. Мельничук // Ядерна фізика та енергетика. — 2010. — Т. 11, № 1. — С. 74–81.
18. Орлов О.О. Акумуляція ^{137}Cs видами трав'яно-чагарничкового ярусу лісових боліт Західного Полісся України / О.О. Орлов, О.В. Головкин // Лісівництво і агролісомеліорація. — 2011. — Вип. 118. — С. 73–80.
19. Аналіз результатів третього етапу моніторингу акумуляції ^{137}Cs видами трав'яно-чагарничкового ярусу дубово-соснових лісів у вологих суцільних Житомирського Полісся / О.О. Орлов, О.В. Жуковський, О.В. Зборовська та ін. // Лісівництво і агролісомеліорація. — 2018. — Вип. 133 — С. 102–111.
20. Orlov A. Ecological function of moss layer in distribution of ^{137}Cs fluxes in coniferous forests of authomorphous and hydromorphous landscapes / A. Orlov // Intern. conf. «Modern problems of radiobiology, radioecology and evolution». Abstracts. — Dubna, 2000. — P. 195–196.
21. Краснов В.П. Радиоекология лікарських рослин / В.П. Краснов, О.О. Орлов, А.І. Гетьманчук. — Житомир: Полісся, 2005. — 216 с.

REFERENCES

- Molchanova, I.V. & Kulikov, N.V. (1972). *Radioaktivnye izotopy v sisteme «pochva–rastenie»* [Radioactive isotopes in the soil–plant system]. Moskva [in Russian].
- Moiseev, A.A., & Ramzaev, P.V. (1975). *Tseziy–137 v biosfere* [Cesium–137 in the biosphere]. Moskva [in Russian].
- Tikhomirov, Ph.A. (1972). *Deystvie ioniziruiushchikh izlucheniyn na ekologicheskie sistemy* [Impact of ionizing radiation on ecological systems]. Moskva [in Russian].
- Tikhomirov, Ph.A. & Aleksakhin, R.M. (1987). Radiatsionnyy monitoring pochvenno-rastitel'nogo pokrova [Soil–plant radiation monitoring]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser.17. Pochvovedenie – Bulletin of Moscow University. Ser.17. Soil Science*, 1, 30–35 [in Russian].
- Krasnov, V.P., & Orlov, O.O. (2002). Radiatsionnyy monitoring lisovykh ekosistem na prykladi dykorslykh yahidnykh roslyn [Radiation monitoring of forest ecosystems on the example of wild berry plants]. *Nauk. visnyk UkrDLTU – Scientific Bulletin of UkrDLTU*, 12.4, 151–154 [in Ukrainian].
- Krasnov, V.P., Orlov, O.O., & Kurbet, T.V. (2006). Kontseptual'ne polozhennya radiatsionnogo monitoringa lesnykh ekosistem [Conceptually the position of radiation monitoring of forest ecosystems]. *Radioaktivnost' posle yadernykh vzyvov i aviarii. Trudy Mezhdunarodnoy konferentsii – Radioactivity after nuclear explosions and accidents. Proceedings of the International Conference*, 3, 103–108 [in Russian].
- ICRP Publication 7. *Principles of environmental monitoring related to the handling of radioactive materials*. (1966). London: Pergamon Press [in English].
- ICRP Publication 43. *Principles of environmental monitoring for radiation protection of human population*. (1985). London: Pergamon Press [in English].
- Makhon'ko, K.P. (1990). *Rukovodstvo po organizatsii kontrolya prirodnoy srody v rayone raspolozheniya AES* [Guidance on the organization of environmental control in the area of the NPP]. Leningrad [in Russian].
- Musiyenko, N.N., Serebryakov, V.V. & Brayon, A.V. (2002). *Ekologiya. Okhrana prirody: Slovar'-spravochnik* [Ecology. Environmental Protection: Dictionary-Reference]. Kyiv [in Ukrainian].
- Alekseenko, V.A. (2000). *Ekologicheskaya geokhimiya: uchebnik* [Ecological geochemistry: textbook]. Moskva [in Russian].
- Kovács, M. (1992). *Monitoring system. Biological indicators in environmental protection*. Chichester: Ellis Harwood Ltd. [in English].
- Shcheglov, A.I. (1999). Biogeokhimiya tekhnogenykh radionuklidov v lesnykh ekosistemakh [Biochemistry of technogenic radionuclides in forest ecosystems]. *Materialy 10-letnikh issledovaniy v zone vliyaniya aviarii na CHAES* [Materials of 10 years of research in the impact zone of the Chernobyl accident]. Moskva [in Russian].
- Nifontova, M.G., & Kulikov, N.V. (1984). O nakoplenii ^{90}Sr i ^{137}Cs lishaynikami v prirodnykh usloviyakh [The accumulation of ^{90}Sr i ^{137}Cs by lichens in natural conditions]. *Ekologiya – Ecology*, 3, 93–96 [in Russian].
- Nifontova, M.G., & Kulikov, N.V. (1984). ^{137}Cs v rastenyakh okrestnostey Beloyarskoy atomnoy elektrostantsii im. I.V. Kurchatova [^{137}Cs in plants surrounding the Beloyarsk nuclear power plant named after I.V. Kurchatova]. *Ekologiya – Ecology*, 5, 81–83 [in Russian].
- Nifontova, M.G. (1997). Dinamika sodержaniya dolgoyvivushchikh radionuklidov v mokhovo-lishaynikovoy rastitel'nosti [The dynamics of the content of long-lived radionuclides in moss-lichen vegetation]. *Ekologiya – Ecology*, 4, 273–275 [in Russian].
- Shytyuk, K.F., Orlov, O.O., & Mel'nychuk, S.D. (2010). Porivnyal'na otsinka rozpodilu ^{137}Cs v ekosystemakh osnovnykh ta sosnovno-dubovykh lisiv Ukrayins'koho Polissya [Comparative assessment of ^{137}Cs distribution in ecosystems of pine and pine-oak forests of Ukrainian Polesie]. *Yaderna fizyka ta enerhetyka – Nuclear physics and energy*, 11(1), 74–81 [in Ukrainian].
- Orlov, A. (2011). Akumulyatsiya ^{137}Cs vydamy tryvano-chaharnychkovoho yarusu lisovykh bolit Zakhidnoho Polissya Ukrainy [^{137}Cs accumulation by species of grassland shrub tier in forest swamp of Western Polesie of Ukraine]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliatoriya – Forestry and agroforestry*, 118, 73–80 [in Ukrainian].
- Orlov, A. (2011). Analiz rezul'tativ tret'ioho etapu monitoringu akumulatsii ^{137}Cs vydamy tryvano-chaharnychkovoho yarusu dubovo-sosnovykh lisiv u volohykh suhrudakh Zhytomyrs'koho Polissya [Analysis of the results of the third stage of monitoring of ^{137}Cs accumulation by species of grass and shrub tier in wet oak-pine forests of Zhytomyr Polissya]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliatoriya – Forestry and agroforestry*, 133, 102–111 [in Ukrainian].
- Orlov, A. (2000). Ecological function of moss layer in distribution of ^{137}Cs fluxes in coniferous forests of authomorphous and hydromorphous landscapes. *International conference «Modern problems of radiobiology, radioecology and evolution»*. Abstracts. Dubna, 195–196 [in English].
- Krasnov, V.P. & Het'manchuk, A.I. (2005) *Radioekologiya likars'kykh roslyn* [Radioecology of medical herbs]. Zhitomyr [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФІТОПАТОГЕННОГО ФОНУ МІКРОМІЦЕТІВ — ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОВИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

І.І. Мостов'як¹, О.С. Дем'янюк², В.В. Бородай³

¹ Уманський національний університет садівництва

² Інститут агроекології і природокористування НААН

³ Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проаналізовано особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України за 2004–2019 рр. Провідне місце у фітопатогенному комплексі займають мікроміцети, серед яких домінують збудники різновидів кореневої гнилі і борошнистої роси. Площа посівів, уражених цими хворобами, становить 32,5–75,0%, а у деякі роки досягає 100%, поширення хвороб — 4,2–19,8, їх розвиток — 1,6–14,0%. В агроценозах пшениці озимої переважають септоріоз листя і піренофороз; пшениці ярої — темно-бура плямистість; ячменю ярого — різновиди плямистості та ринхоспоріоз. Серед хвороб колосу домінують оливкова пліснява та фузаріоз. За досліджуваній період зафіксовано значний розвиток піренофорозу пшениці озимої — 5,1–16,8% (тах 35%), поширення бурої листкової іржі на пшениці ярої — 4,6–24,4 (тах 45) та різновидів плямистості ячменю ярого — до 50% (тах 100%). Перевищення порогу шкодочинності кореневих гнилей у 2,8–4,0 рази, борошнистої роси пшениці — у 6,3–8,2 та різновидів плямистості ячменю — в 2,5 рази призводить до надмірного застосування фунгіцидів і зумовлює посилення екологічних ризиків у агроценозах, а також до хімічного і біологічного забруднення агроєкосистем, що істотно впливає на якість і безпечність продукції.

Ключові слова: зернові культури, агроценоз, поширення хвороб, розвиток хвороб, фітопатогенні мікроорганізми, біологічне забруднення агроєкосистем.

За взаємодії фітопатогенних мікроміцетів із рослинами зернових культур спостерігається тривала коеволуція, що спричиняє їх еволюційну сегрегацію та регулює мінливість популяційного різноманіття [1]. У природних ценозах коеволуція патогенів та рослин-господарів впливає на генетичну дивергенцію збудників хвороб, що може залежати від особливостей кліматичних умов, стійкості та сприйнятливості сортів і наявності значної кількості дикорослих видів культур [2–4]. Наприклад, відомо, що більшість дикорослих видів ячменю уражуються збудником сітчастої плямистості і тому можуть бути резерватарами інфекції і середовищем для формоутворюючих процесів [5].

Останнім десятиліттям в умовах домінування беззмінних посівів і сівозмін

із короткою ротацією, насичення їх однотипними культурами, впровадження нульового або мінімального обробітку ґрунту, вирощування сприйнятливих до хвороб, генетично однорідних сортів, відбувається порушення природних зв'язків між рослиною-господарем і патогеном. Це призводить до розширення видового різноманіття і посилення шкідливості збудників хвороб, особливо зернових культур, значної активізації розвитку і поширення хвороб [4, 6]. Наприклад, зі збільшенням частки пшениці озимої в структурі посівів і вирощування її в монокультурі ураженість збудниками різновидів плямистості листя зростає до 75% [6].

Дедалі частіше спостерігаються епіфітотії шкідливих хвороб зернових злакових культур, як-от: бура листкова, стеблова та жовта іржа, борошниста роса, септоріоз, піренофороз, різновиди вірозу [7–10]. Зрос-

тає вірулентність збудників хвороб, наприклад, грибів родів *Septoria* та *Cochliobolus*, які викликають плямистість листя пшениці та інші типи хвороб; прогресує ураження фузаріозом і різновидами кореневої гнилі. Особливу небезпеку становить збільшення ураженості пшениці стебловою, або лінійною іржею, зниження врожайності культур за інтенсивного розвитку і поширення хвороби може досягати 60–70% [8–16].

Також, за даними літературних джерел [7, 8], потепління клімату, особливо в зимові місяці, спричиняє розширення ареалу патогенів на території, де раніше вони не траплялись. Так, відзначається виживання на нових територіях ґрунтового патогену *Fusarium graminearum* (небезпечного мікроміцету, що спричиняє економічно значущі захворювання зернових культур), адаптація грибів до більш холодних умов існування, міграція клонів між популяціями [12]. Все це може бути спричинено міграцією конідій гриба з повітряними потоками та з насінним матеріалом. До того ж широка спеціалізація *F. graminearum* дає йому змогу легко адаптуватися в нових екологічних умовах [7, 8, 13].

За останні 50 років зафіксовано значне глобальне географічне розширення ареалу жовтої іржі пшениці (збудник *Puccinia striiformis* Westend) у більш ніж 60 країнах, а також підвищення рівня генотипового різноманіття всередині деяких популяцій патогену. Починаючи з 2000 р. агресивні раси *P. striiformis* адаптувалися до більш високих температур, що зумовлено підвищенням температури повітря та потеплінням клімату.

Посилення вірулентності та високої пристосованості до зміни кліматичних умов відзначено у збудника бурої листкової іржі пшениці (гриб *Puccinia triticina* Eriks.) [13–16]. За наявності проміжного живителя (рутвиці) і повного циклу розвитку патогену рекомбінантні процеси, що відбуваються за статевої стадії, можуть призводити до виникнення ширшого спектра рас і значної чисельності нових генотипів [1, 17].

Численним генетичним різноманіттям популяції характеризується збудник сте-

блової (лінійної) іржі пшениці гриб *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* у тих регіонах, де масово зростають популяції проміжного господаря (рослини барбарису).

З огляду на панфітотію раси Ug99 [4, 15, 16], встановлено ризики подальшого поширення стеблової іржі пшениці озимої. Відомо, що особливий вплив на генетичне різноманіття популяцій мікроміцетів має обмін ураженням або заспориєм насінним матеріалом і міграція пропагул грибів [4, 7–9, 17]. Наприклад, на території Білорусі в посівах зернових злаків, сортів, інтродукованих із Західної Європи, виявлено високопатогенні форми збудника піренофорозу [9]. За результатами аналізу наукової літератури встановлено, що значний вплив на співвідношення генотипів у популяціях патогенів мають чинники навколишнього природного середовища. В різних екологічних зонах формуються популяції з певними морфолого-культуральними та фізіолого-біохімічними ознаками, різною швидкістю розмноження, а отже, і темпами формоутворюючих процесів, інтенсивністю генетичних обмінів тощо [4, 15]. Моніторинг, проведений у різних країнах, засвідчує, що останніми роками значно розширилися ареали і склад популяцій різних фітопатогенів, спостерігаються значні зміни видового складу, посилення агресивності і вірулентності, адаптивності і екологічної пластичності збудників хвороб [4, 15].

Метою роботи було дослідити особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб у агроценозах зернових культур упродовж 2004–2019 рр.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз фітосанітарного стану зернових злакових культур, поширення та розвиток збудників хвороб рослин пшениці м'якої (озимої та ярої) і ячменю звичайного (ярого) у Київській, Черкаській, Вінницькій, Хмельницькій, Кіровоградській областях досліджували аналітичним методом із використанням даних Департаменту фітосанітарної безпеки, контролю у сфері

насінництва та розсадництва Держпродспоживслужби України за 2004–2019 рр. Обрахунок статистичних даних виконано з використанням сучасних комп'ютерних програм Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз даних Держпродспоживслужби за 2004–2019 рр. щодо основних хвороб зернових культур грибної, бактеріальної та вірусної етіології засвідчив їх значне поширення та розвиток у досліджуваних агроценозах України. Фітосанітарний моніторинг виробничих посівів пшениці озимої, ярої та ячменю ярого виявив комплекс хвороб різного походження, серед яких домінували збудники мікозів (у середньому 85,0–88,2%).

Встановлено, що впродовж вегетаційних періодів 2004–2019 рр. на рослинах пшениці озимої домінували різновиди кореневої гнилі: звичайна, або гельмінтоспоріозна (збудник *Cochliobolus sativus* (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (*Fusarium* spp.), прикоренева церкоспорельозна (*Oculimacula yallundae* (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams), офіобольозна (*Gaeumannomyces graminis* Arx et Ol.), а також септоріоз листя (збудник – *Septoria tritici* Roberge in Desmaz, телеоморфа *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt.), борошніста роса (збудник – *Blumeria graminis* Speer f. sp. *tritici* Marchal) та піренофоз, або жовта плямистість (*Pyrenophora tritici-repentis* Died.) (табл. 1).

Площі посівів, уражених вказаними хворобами, становлять у середньому 5,8–67,0%, а у деяких областях (Кропивницька, Хмельницька, Черкаська) сягають 80–100%. Поширеність цих хвороб становила (%): 6,4–19,8 (max 80), 10,9–28,1 (max 60), 12,7–40,8 (max 83) і 8,8–20,0 (max 70), а їх розвиток – 2,1–9,0, 3,3–7,8, 6,2–14,0 та 5,1–16,8 відповідно.

Найвищий економічно значущий збиток для посівів завдає щорічне ураження рослин збудниками кореневої і прикореневої гнилі. Їх шкодочинність спричиняє загибель рослин у період вегетації (сягає

20–48%) і зниження елементів продуктивності зі збільшенням рівня ураження, що посилюється несприятливими кліматичними умовами. Наприклад, конідії *B. sorokiniana* в умовах посушливого клімату зберігають життєздатність у ґрунті до п'яти років і можуть посилювати розвиток звичайної кореневої гнилі [17–19].

Шкодочинність борошністої роси зумовлює зменшення асиміляційної поверхні, спричиняє передчасне засихання листків і зниження маси насіння та вмісту в ньому білка. Хвороба прогресує за посухи, високих температур і їх перепадів [1, 17, 19]. За епіфітотійного розвитку борошністої роси продуктивність рослин знижується до 50%, що зумовлює значні недобори врожаю та зниженні його якості.

Серед усіх видів плямистості септоріоз набуває значного поширення та є найбільш шкодочинним видом цієї хвороби. За сильного розвитку захворювання листки передчасно засихають, що призводить до істотного послаблення фотосинтезу, зниження врожайності культури та якості зерна. Джерелами інфекції є уражені рослинні рештки, де гриби зимують у вигляді пікнід, а також сходи пшениці озимої, бур'яни (костриця, тонконіг та ін.), насіння [19].

Нині в усьому світі посилюється шкодочинність хвороб культурних рослин, що раніше не мали істотного господарського значення, зокрема піренофорозу листя [5, 6, 9, 17, 20]. Наявність статевої стадії у життєвому циклі *P. tritici-repentis* призводить до поширення в популяціях патогену клонів із геном ToxA [9]. Шкодочинність піренофорозу спричиняє зменшення асиміляційної поверхні, зростання транспірації, зменшення накопичення органічної речовини, ураження всіх надземних органів рослин, а також погіршення якості зерна [1, 17].

Різновиди кореневої гнилі, борошніста роса і септоріоз є домінуючими хворобами пшениці озимої і в умовах західної частини Лісостепу [18].

Частка уражених площ іншими листо-стебловими хворобами (темно-бура пля-

Таблиця 1

**Поширення та розвиток основних хвороб рослин пшениці м'якої (озимої)
(*Triticum aestivum* L.) у вегетаційні періоди, середнє за 2004–2019 рр.**

Збудники хвороб	Площа посівів, %	Поширення хвороб, %	Розвиток хвороб, %
Коренева гниль, у т.ч. звичайна, або гельмінтоспоріозна (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (<i>Fusarium</i> spp.), прикоренева церкоспорельозна (<i>Oculimacula yallundae</i> (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams), офіобольозна (<i>Gaeumannomyces graminis</i> Arx et Ol.)	33,6–67,0 (100)*	6,4–19,8 (80)	2,1–9,0 (31)
Темно-бура плямистість (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker)	8,7–35,1 (55)	5,0–10,8 (23)	0,7–3,9 (6,0)
Бура листкова іржа (<i>Puccinia triticina</i> Eriks.)	14,7–26,2 (75)	6,5–19,3 (80)	0,4–3,9 (25)
Стеблова (лінійна) іржа (<i>Puccinia graminis</i> Pers.)	10,0–29,0 (60)	5,5–15,5	2,5–14,0
Жовта іржа (<i>Puccinia striiformis</i> Westend)	7,6–33,0	2,8–13,7 (40)	2,0–6,5
Септоріоз листя (<i>Septoria tritici</i> Roberge in Desmaz, телеоморфа <i>Mycosphaerella graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt.)	13,0–51,0 (100)	10,9–28,1 (60)	3,3–7,8
Борошниста роса (<i>Blumeria graminis</i> Speer f. sp. <i>tritici</i> Marchal)	11,3–42,7 (100)	12,7–40,8 (83)	6,2–14,0
Піренофороз (жовта плямистість) (<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> Died.)	5,8–39,9 (80)	8,8–20,0 (70)	5,1–16,8 (35)
Снігова пліснява (<i>Microdochium nivale</i> (Fr.) Samuels & I.C. Hallett)	5,5–16,7 (100)	2,0–8,3 (15)	0,5–2,3
Хвороби колосу:			
Фузаріоз колосу (<i>Fusarium</i> spp.)	4,3–17,4 (62)	2,3–9,0 (15)	0,7–2,2
Тверда сажка (<i>Tilletia caries</i> Tul.)	1,3–3,1	0,5–3,0	–
Летюча сажка (<i>Ustilago tritici</i> Pers.)	3,6–17,0 (25)	0,3–1,0	–
Септоріоз колосу (<i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) E. Castell. & Germano)	10,2–36,5 (82)	3,5–12,4(50)	0,6–3,1 (10)
Оливкова пліснява (<i>Cladosporium graminum</i> Cda.)	6,2–53,0 (90)	0,6–18 (27)	0,4–5 (10)
Альтернаріоз (<i>Alternaria</i> spp.)	2,4–17,1 (64)	1,6–7,0 (25)	0,2–5,0

Примітка (до табл. 1–3): *у дужках — максимальне значення показника.

мистість, бура листкова, стеблова (лінійна) та жовта іржа, снігова пліснява) варіювала у межах 5,5–35,1%, поширеність – 2,0–19,3, розвиток – 0,4–14,0%.

Оливкова пліснява (*Cladosporium graminum* Sda.) та септоріоз колосу (*Stagonospora nodorum* (Berk.) E. Castell. & Gernap) виявились найпоширенішими хворобами колосу пшениці озимої. Частка уражених ними площ варіювала у межах 6,2–53 та 4,3–17,4% відповідно, а у деяких областях (Хмельницька, Черкаська) сягала 62–90%. Поширення хвороб становить 0,6–18% (max 27%) та 3,5–12,4% (max 50%), розвиток хвороб – 0,4–5,0 і 0,6–3,1% відповідно. Частка уражених площ іншими хворобами (фузаріоз колосу, тверда та летюча сажка, альтернативіоз) варіює у межах 1,3–17,4%, поширеність – 0,3–9,0, розвиток – 0,1–5,0%.

Значне поширення твердої сажки пшениці озимої у різні фази онтогенезу зумовлено здатністю збудників розвиватися у широкому діапазоні температур (+3...+3–5°C). Інфекційний матеріал зберігається у вигляді теліоспор на поверхні неуряженого насіння, може потрапляти на нього у вигляді домішок. Під час проростання насіння у ґрунті на його поверхні проростають і теліоспори, що зумовлює інфікування проростків [19].

Серед хвороб пшениці ярої домінують різновиди кореневої гнилі. Частка уражених площ становить у середньому 11,7–59,8% (max 80%), поширення хвороб – 4,2–16,4 (max 50), розвиток – 1,2–6,9% (max 25%) (табл. 2). Доволі високими ці показники виявились і у решти вказаних захворювань (темно-бурої плямистості, брурої листкової іржі, септоріозу листя та борошністої роси) – у середньому 6,8–41,3% від площі уражених посівів, 3,2–24,4 – за поширенням, 0,7–10,0% – за розвитком хвороб.

Відомо, що збудник брурої листкової іржі пшениці може пристосовуватися до різних зовнішніх умов, формувати агресивні раси зі стійкими до високих температур і вологості повітря спорами. Ця хвороба розвивається раніше за інші. Урединіоміцелій

збудника витримує низькі температури та в зимовий період резервується в уражених сходах озимих культур, дикорослих злаках. Навесні міцелій продовжує розвиток і продукує урединіоспори, які повітряними потоками поширюються на значні відстані. За раннього прояву та інтенсивного розвитку хвороби відбувається передчасне відмирання листків, що призводить до істотного недобору врожаю зерна та погіршення його якості [19]. Так, усереднені за 2004–2019 рр. дані засвідчили, що пшениця яра найбільше уражується брурою листковою іржею – вказані показники становлять 24,4 та 10,0% проти 3,2–18,8 та 0,7–6,9% відповідно порівняно з іншими хворобами.

Погодні умови в Хмельницькій і Вінницькій областях доволі часто призводять до утворення крижаної кірки і, як наслідок, – до інтенсивнішого ураження «низькотемпературними» грибами. Поширення викликаних ними захворювань посівів пшениці у деякі роки досягає 80–100%, а розвиток хвороб – 30–50% [17, 19, 20].

Найпоширенішими хворобами колосу пшениці ярої виявились оливкова пліснява та фузаріоз колосу. Площа уражених ними посівів становила 5,0–40,0% (max 50%) та 5,6–28,5% (max 70%), частка хворих рослин – 2,6–12,0 та 1,2–6,0% відповідно, інтенсивність ураження – у середньому 0,2–2,5%.

Деяко меншого поширення набув септоріоз колосу, а летючою сажкою була уражена найменша кількість рослин. Ці показники становили: 1,2–10,0% (уражені площі посівів), 0,5–9,1 (поширення хвороб) та 0,1–2% (розвиток хвороб).

Серед хвороб ячменю ярого найпоширенішими виявились різновиди плямистості (табл. 3): смугаста (*Pyrenophora graminea* Ito & Kurib.); анаморфа *Drechslera graminea* (Rabenh.) Shoemaker і сітчаста (*Pyrenophora teres* Drechsler; анаморфа *Drechslera teres* (Sacc.) Shoemaker).

Частка уражених хворобами площ ячменю ярого варіювала у межах 5,0–75,0%, хворих рослин – 2,0–50,0 (max 100), розвиток хвороб – 3,0–15,0% (max 26%). Площа уражених посівів темно-бурою

**Поширення та розвиток основних хвороб рослин пшениці м'якої (ярої)
(*Triticum aestivum* L.) у вегетаційні періоди, середнє за 2004–2019 рр.**

Збудники хвороб	Площа посівів, %	Поширення хвороб, %	Розвиток хвороб, %
Коренева гниль, у т.ч. звичайна, або гельмінтоспоріозна (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (<i>Fusarium</i> spp.), прикоренева церкоспорельозна (<i>Oculimacula yallundae</i> (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams), офіобольозна (<i>Gaeumannomyces graminis</i> Arx et Ol.)	11,7–59,8 (80)*	4,2–16,4 (50)	1,2–6,9 (25)
Темно-бура плямистість (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker)	6,8–35,0 (65)	3,5–11,0 (15)	1,5–4,0
Бура листкова іржа (<i>Puccinia triticina</i> Eriks.)	6,8–23,6 (65)	4,6–24,4 (45)	1,3–10,0 (20)
Септоріоз листя (<i>Septoria tritici</i> Roberge in Desmaz, телеморфа <i>Mycosphaerella</i> <i>graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt.)	8,5–41,3	3,2–11,4	0,7–3,3
Борошніста роса (<i>Blumeria graminis</i> Speer <i>f. sp. tritici</i> Marchal)	7,6–32,5 (55)	7,0–18,8 (35)	3,1–5,0
Хвороби колосу:			
Фузаріоз колосу (<i>Fusarium</i> spp.)	5,6–28,5 (70)	1,2–6,0 (41)	–
Летюча сажка (<i>Ustilago tritici</i> Pers.)	1,2–3 (23)	0,1–2,0	–
Септоріоз колосу (<i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) E. Castell. & Germano)	1,5–10,0 (48)	0,5–9,1 (20)	0,2–3,5
Оливкова пліснява (<i>Cladosporium graminum</i> Cda.)	5,0–40,0 (90)	2,6–12,0 (25)	0,2–2,5

плямистістю становила 11,8–65,6% (max 100%), поширення хвороби — 12,1–33,3 (max 67%), а розвиток — 3,8–24,6%. Частка площ, уражених кореневою гниллю, септоріозом листя, борошністою россою, ринхоспоріозом, іржастими хворобами та ВЖКЯ варіювала у межах 5,5–35,1%, поширення — 1,0–30,0, розвиток — 1,0–23,5%.

Оливкова пліснява та фузаріоз колосу виявились найпоширенішими хворобами колосу ячменю ярого. Частка уражених ними площ становила у середньому 3,2–29,8%, а у деяких областях сягала 64%. Поширення хвороб становило 1,5–5,0% (max 15–17%), розвиток хвороб — 0,2–2,5%.

Деяко меншими були частки поширення твердої (кам'яна, покрита) і летючої сажки, альтернаторіозу та септоріозу колосу.

Аналіз багаторічних даних поширення і розвитку хвороб пшениці озимої та ярої і ячменю ярого засвідчив значне перевищення рівня економічного порогу шкодочинності (ЕПШ) деяких хвороб. Так, поширення різновидів кореневої гнилі на культурах сягало 14,1–19,8% (ЕПШ — 5%), борошністої роси пшениці — 18,8–40,8 (3–5) та різновидів плямистості ячменю — 50,0% (ЕПШ — до 20,0%). Перевищення ЕПШ може призводити до надмірного застосування фунгіцидів і до посилен-

**Поширення та розвиток основних хвороб рослин ячменю звичайного (ярого)
(*Hordeum vulgare* L.) у вегетаційні періоди, середнє за 2004–2019 рр.**

Збудники хвороб	Площа посівів, %	Поширення хвороб, %	Розвиток хвороб, %
Коренева гниль, у т.ч. звичайна, або гельмінтоспоріозна (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (<i>Fusarium</i> spp.)	18,1–37,4 (80)*	4,3–14,4 (80)	1,5–7,2 (25)
Темно-бура плямистість (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker)	11,8–65,6 (100)	12,1–33,3 (67)	3,8–24,6 (65)
Карликова іржа (<i>Puccinia hordei</i> G.H. Orth.)	6,0–23,5 (50)	2,4–7,3 (10)	6,0–23,5 (50)
Стеблова (лінійна) іржа (<i>Puccinia graminis</i> Pers. f. <i>tritici</i> Eriks. et Henn)	5,5–13,3	7,5	5,5–13,3
Жовта іржа (<i>Puccinia striiformis</i> West.)	3,0–18,5	3,5–10,0	3,0–18,5
Септоріоз листя (<i>Mycosphaerella graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt.)	6,1–31,6 (80)	2,4–13,3	1,8–6,4 (15)
Борошниста роса (<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer f. sp. <i>hordei</i> Marchal.)	13,7–49,2 (100)	7,1–20,8 (42)	1,6–6,5 (14)
Плямистість: смугаста – <i>Pyrenophora graminea</i> Ito&Kurib. (анаморфа <i>Drechslera graminea</i> (Rabenh.) Shoemaker), сітчаста – <i>Pyrenophora teres</i> Drechsler (анаморфа <i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoemaker)	5,0–75,0	2,0–50,0 (100)	3,0–15,0 (26)
Ринхоспоріоз (<i>Rhynchosporium secalis</i> (Oudem.) Davis.)	12,5–45,0	3,5–30,0 (60)	3,5–9,0
Вірус жовтої карликовості ячменю (ВЖКЯ)	8,0–18,0	1–2,0 (25)	1,0–5,0
Хвороби колосу:			
Фузаріоз колосу (<i>Fusarium</i> spp.)	5,4–29,8 (61)	3,9–8,2 (17)	0,2–2,5
Тверда (кам'яна, покрита) сажка (<i>Ustilago hordei</i> (Pers.) Lagerh)	1,0–5,3	0,2–1,1	–
Летюча сажка (<i>Ustilago nuda</i> (Jens.) Rostr.)	3,0–15,1 (70)	0,2–3,0	–
Септоріоз колосу (<i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) E. Castell. & Germano)	1,0–18,2 (62)	1,3–7,0 (22)	0,2–3,5 (10)
Оливкова пліснява (<i>Cladosporium graminum</i> Cda.)	3,2–28,1 (64)	1,5–5,0 (15)	0,2–1,3 (5)
Альтернаріоз (<i>Alternaria</i> spp.)	3,0–10,0 (64)	1,6–4,0	0,5

ня біоекологічних ризиків у агроценозах культур [1].

Незначне поширення мали бактеріальні (чорний та базальний бактеріоз), вірусні

(ВЖКЯ, вірус смугастої мозаїки пшениці) хвороби.

Останніми роками спостерігається збільшення ареалу різновидів кореневої

гнилі. Якщо у попередні роки розповсюдження хвороби на посівах ячменю озимого, пшениці ярої та жита було обмежене, а найбільше кореневою гниллю уражувалися пшениця озима та ячмінь ярий, то нині значно зросло й ураження пшениці ярої (відповідно на трьох культурах частка уражених хворобою площ становила 33,6–67,0, 11,7–59,8 та 18,1–37,4%).

Також відзначено зростання шкодочинності темно-бурої плямистості (гельмінтоспоріозу) в агроценозах злакових культур. Встановлено взаємозв'язок між інтенсивністю поширення хвороби і кліматичними чинниками, за яким ймовірність епіфітотії зростає за ГТК >1,2 у другій – третій декадах травня, і найбільше – у посівах пшениці ярої. Випадання рясних опадів у серпні у фазі настання воскової стиглості зерна спричиняє інтенсивний розвиток хвороби на посівах пшениці та ячменю. Це, своєю чергою, призводить не лише до зниження загальної продуктивності рослин, але і до зниження якості зерна внаслідок збільшення частки насіння з «чорним зародком» унаслідок внутрішнього його інфікування збудником гельмінтоспоріозу в комплексі з грибами роду *Alternaria* [10].

Нехтування сівозмінами та вирощування сортів рослин з низькою стійкістю до хвороб спричиняє накопичення інфекційного потенціалу і розвиток плямистості до масштабів епіфітотій. Джерелами інфекції є насіння (заражене та заспорене), рослинні залишки посіву попереднього року, уражені рослини і дикорослі злаки, сприйнятливі до хвороб. Підвищення температури і прояв посухи за зміни клімату призводять до швидкого старіння листя, що збільшує поширення плямистості [3, 6, 19].

Гриби із роду *Fusarium* інтенсивно інфікують ослаблені різними чинниками рослини, зокрема дефіцитом вологи у ґрунті, перепадами температури тощо. Встановлено, що майже в усіх областях України серед збудників фузаріозу домінують *F. langsethiae*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*. Переважним токсиноутворюючим збудником фузаріозу колосу (30%) є вид *F. poae*, який продукує значну групу сесквітерпенових епоксидів,

трихотеценів типу А і В (діацетоксисцирпенол (DAS), моноацетоксисцирпенол (MAS), сцирпентіол (STO), НТ2-токсин, Т2-токсин та неосоланіол (NEO) ніваленол (NIV) та фузаренон-Х (FX)), енніатинів (ENN), боверицинів (BEA) та моніліформінів (MON). У видовому складі також визначено високу частку *F. langsethiae*, що відрізняється значно вищим рівнем продукування токсинів НТ-2 та Т-2, *F. graminearum*, продуцента дезоксиніваленолу (DON) [2, 12, 14, 21, 22].

Залежно від класу зерна, згідно із ДСТУ 3768-2010, уражених фузаріозом зерен пшениці не повинно бути більше 0,3–0,5%, а за ДСТУ 3769-98 зерен ячменю – не більше 1%. Аналіз багаторічних даних засвідчив, що ураженість колосу пшениці озимої грибами роду *Fusarium* становить 2,3–9,0%, ярої – 1,2–6, ячменю ярого – 3,9–8,2, а ступінь ураження в середньому – 0,2–2,5%.

Відзначено постійне зростання частки грибів роду *Alternaria*. Слід також врахувати, що види *Alternaria* spp. мають широку трофічну спеціалізацію. В усіх обстежених регіонах України спостерігається значне інфікування альтернарієвими грибами насінневого матеріалу зернових, за вирощування якого, зазвичай, застосовується інтенсивніший захист, ніж для фуражного зерна. Так, *Alternaria* spp. є домінуючими серед мікобіоти зерна ячменю (до 75%) і продуцентами таких мікотоксинів, як альтернаріол, монометіловий ефір альтернаріолу та тенуазонової кислоти. За останні п'ять років спостерігається тенденція до зростання частоти ізолювання грибів родів *Epicoccum*, *Nigrospora* та *Penicillium* із зерна пшениці озимої [23].

Посилення шкодочинності, вірулентності та агресивності збудників мікозів зернових злакових культур зумовлено зростанням обсягів імпорту частини неякісного насінневого матеріалу, глобальними та регіональними змінами агрокліматичних чинників унаслідок дедалі більшого антропогенного навантаження та резистентності збудників хвороб [4, 7, 8, 24, 25].

Запобігти втратам урожаю від хвороб неможливо без використання інтегрованої системи захисту рослин, яка базується на раціональному поєднанні організаційних, агротехнічних, імунологічних, біологічних і хімічних методів і заходів із дотримання сівозмін, вибору оптимальних попередників, оптимальних технологій обробітку ґрунту, що забезпечують сприятливий водний режим для рослин, знищення бур'янів — резерваторів збудників хвороб, збалансованого внесення добрив; використання сортів, стійких проти хвороб тощо [17, 26, 27].

ВИСНОВКИ

Аналіз особливостей формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб в агроценозах зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України впродовж 2004–2019 рр. засвідчив, що серед грибних хвороб домінують різновиди кореневої гнилі і борошниста роса — площа уражених ними посівів становить 32,5–75,0%, а у деякі роки досягає 100%. В агроценозах пшениці озимої найпоширенішими є септоріоз листя і піренофороз; пшениці ярої — темно-бура плямистість; ячменю ярого — різновиди плямистості та ринхоспоріоз. Серед хвороб колосу домінують оливкова пліснява та фузаріоз.

За досліджуваній період відзначено значний розвиток піренофорозу пшениці озимої — 5,1–16,8% (макс 35%) порівняно з 0,5–9,0% інших хвороб; поширення бурої листкової іржі на пшениці ярої 4,6–24,4% (макс 45%) порівняно з 3,2–18,8% інших хвороб та поширення різновидів плямистості ячменю ярого — до 50% (макс 100%). Такий несприятливий фітосанітарний стан посівів із перевищенням порогу шкодочинності різновидів кореневої гнилі, борошнистої роси пшениці та різновидів плямистості ячменю потребує застосування жорстких методів захисту рослин із унесенням надмірної кількості хімічних фунгіцидів, що спричиняє посилення екологічних ризиків у агроценозах культур.

Посилення шкодочинності, вірулентності та агресивності збудників значно погіршує стан рослин і якість насінневого матеріалу, що може спричинити виникнення епіфітотій, які істотно посилюють біологічне забруднення агроєкосистем та знижують якість і безпечність агропродукції. Щоб обмежити розвиток та шкодочинність патогенів, необхідно досліджувати та удосконалювати ефективні елементи інтегрованого захисту культур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Левитин М.М. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. пособ. / М.М. Левитин. — М.: Юрайт, 2017. — 281 с.
2. Гагкаева Т.Ю. Фузариозная инфекция и контаминация микотоксинами зерна сортов ярового ячменя / Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова // Вестник защиты растений. — 2017. — № 3. — С. 39–43.
3. Гультяева Е.И. Структура популяций *Puccinia triticina* на тетраплоидных видах пшеницы / Е.И. Гультяева, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев // Микология и фитопатология. — 2017. — № 51(5). — С. 299–304.
4. Дьяков Ю.Т. Инвазии фитопатогенных грибов / Ю.Т. Дьяков, М.М. Левитин. — М.: «URSS», 2018. — 260 с.
5. Полиморфизм по признаку вирулентности и особенности микроэволюции в популяциях возбудителя сетчатой пятнистости ячменя *Pyrenophora teres f. teres*. / [А.В. Анисимова, Л.Ю. Новикова, Ф. Новакази и др.] // Микология и фитопатология. — 2017. — № 51(4). — С. 229–240.
6. Identification of genotypes carriers of resistance to tan spot Ptr ToxA and Ptr ToxB of *Pyrenophora tritici-repentis* in common wheat collection / [A. Kikhmetova, Sh. Ali, Z. Sapakhova, M. Atishova] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. — 2019. — Vol. 22. — P. 978–986.
7. Левитин М.М. Изменение климата и прогноз развития болезней растений / М.М. Левитин // Микология и фитопатология. — 2012. — № 46. — С. 14–19.
8. Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата / М.М. Левитин // Сельскохозяйственная биология. — 2015. — № 50(5). — С. 641–647.
9. Мироненко Н.В. Характеристика географически отдаленных популяций *Pyrenophora tritici-repentis* по вирулентности и генам токсинообразования ToxA и ToxB / Н.В. Мироненко, Н.М. Коваленко, О.А. Баранова // Вестник защиты растений. — 2019. — № 1(99). — С. 24–29.
10. Маркелова Т.С. Фитосанитарная ситуация в агроценозе злаковых культур Поволжья / Т.С. Мар-

- келова // Защита и карантин растений. — 2015. — № 5. — С. 22–23.
11. Arraiano L.S. Sources of resistance and susceptibility to *Septoria tritici* blotch of wheat / L.S. Arraiano, J.K.M. Brown // Mol. Plant Pathol. — 2017. — Vol. 18. — P. 276–292.
 12. A spatial temporal analysis of the *Fusarium graminearum* transcriptome during symptomless and symptomatic wheat infection / N.A. Brown, J. Evans, A. Mead et al. // Mol. Plant Pathol. — 2017. — Vol. 18(9). — P. 1295–1312.
 13. Climate suitability for Magnaporthe oryzae *Triticum pathotype* in the United States / C.D. Cruz, R.D. Magarey, D.N. Christie et al. // Plant Dis. — 2016. — Vol. 100. — P. 1979–1987.
 14. Gilbert J. Overview of some recent research developments in fusarium head blight of wheat / J. Gilbert, S. Haber // Can. J. Plant Pathol. — 2013. — Vol. 35. — P. 149–174.
 15. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region / M.S. Hovmoller, S. Walter, R.A. Bayles et al. // Plant Pathol. — 2015. — Vol. 65. — P. 402–411.
 16. Virulence and molecular characterization of experimental isolates of the stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis*) indicate somatic recombination / Y. Lei, M. Wang, A. Wan et al. // Phytopathology. — 2016. — Vol. 107. — P. 329–344.
 17. Сільськогосподарська фітопатологія / [І.Л. Марков, О.В. Башта, Д.Т. Гентош та ін.]. — К.: Інтерсервіс, 2017. — 574 с.
 18. Голячук Ю. Розвиток основних грибних хвороб пшениці озимої в умовах Навчально-науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету / Ю. Голячук // Вісник Львівського національного аграрного університету. — 2015. — № 19. — С. 165–168. — (Серія: Агрономія).
 19. Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine / [O.Y. Markovska, M.Y. Pikovskiy, O.O. Nishkiv] // Biological Resources and Nature Management. — 2018. — Vol. 10, No. 3–4. — P. 98–104.
 20. Снежная плесень на озимых колосовых / [С. Ретьман, Т. Кислых, О. Шевчук, М. Ключевич] // Пропозиція. — 2017. — № 12. — С. 21–29.
 21. Швартау В.В. Поширення фузаріозів в Україні / В.В. Швартау, Л.М. Михальська, О.Л. Зозуля // Агроном. — 2017. — № 4. — С. 40–43.
 22. Boenisch M.J. *Fusarium graminearum* forms mycotoxin producing infection structures on wheat / M.J. Boenisch, W. Schafer // BMC Plant Biol. — 2011. — Vol. 11. — P. 110.
 23. Мікози зерна пшениці озимої / [С.В. Ретьман, Т.М. Кислих, О.В. Шевчук та ін.] // Карантин і захист рослин. — 2018. — № 11–12. — С. 1–3.
 24. Биологические (экономические) пороги вредности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник / под ред. С.В. Сороки. — Прилуки: РУП «Институт защиты растений», 2018. — 27 с.
 25. Фурдичко О.І. Агроекологія — фундаментальна основа формування збалансованої агросфери / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк // Агроекологічний журнал. — 2014. — № 3. — С. 7–13.
 26. Урожайність та біоенергетична оцінка вирощування ячменю ярого залежно від удобрення та захисту рослин від хвороб / [В. Лихочвор, О. Потопляк, М. Бомба та ін.] // Вісник Львівського національного аграрного університету. — 2015. — № 19. — С. 44–48. — (Серія: Агрономія).
 27. Мікробіота листків і зерна ячменю ярого за дії гербіциду і біопрепарату / [В.П. Карпенко, В.Я. Білоножко, Р.М. Притуляк та ін.] // Проблеми екологічної біотехнології. — 2012. — № 2. — С. 42–53.

REFERENCES

1. Levitin, M.M. (2017). *Sel'skhozjajstvennaja fitopatologija. Uchebnoe posobie [Agricultural phytopathology. Tutorial]*. Moskva: Jurajt [in Russian].
2. Gagkaeva, T.Ju. & Gavrillova, O.P. (2017). Fuzarioznaja infekcija i kontaminacija mikotoksinami zerna sortov jarovogo jachmenja [*Fusarium* infection and mycotoxin contamination of grain of spring barley varieties]. *Vestnik zashhity rastenij — Bulletin of Plant Protection*, 3, 39–43 [in Russian].
3. Gul'tjaeva, E.I., Shajdajuk, E.L. & Kazarcev, I.A. (2017). Struktura populjacij *Puccinia triticina* na tetraploidnyh vidah pshenicij [*Puccinia triticina* population structure on tetraploid wheat species]. *Mikologija i fitopatologija — Mycology and Phytopathology*, 51(5), 299–304 [in Russian].
4. D'jakov, Ju.T. & Levitin, M.M. (2018). *Invazii fitopatogennyh grivob [Invasion of phytopathogenic fungi]*. Moskva: «URSS» [in Russian].
5. Anisimova, A.V., Novikova, L.Ju., Novakazi, F., Kopahnke D., Zubkovicha, A. & Afanasenko, O.S. (2017). Polimorfizm po priznaku virulentnosti i osobnosti mikroevoljucii v populjacijah vuzbuditelja setchatoj pjatnistosti jachmenja *Pyrenophora teres f. teres* [Virulence polymorphism and features of microevolution in populations of the causative agent of net spotting of barley *Pyrenophora teres f. teres*]. *Mycology and phytopathology — Mikologija i fitopatologija*, 51(4), 229–240 [in Russian].
6. Kokhmetova, A., Ali, Sh., Sapakhova, Z. & Atishova, M. (2019). Identification of genotypescarriers of resistance to tan spot Ptr ToxA and Ptr ToxB of *Pyrenophora tritici-repentis* in common wheat collection. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 22, 978–986 [in English].
7. Levitin, M.M. (2012). Izmeneenie klimata i prognoz razvitiija boleznjej rastenij [Climate change and the forecast for the development of plant diseases]. *Mycology and phytopathology — Mikologija i fitopatologija*, 46, 14–19 [in Russian].
8. Levitin, M.M. (2015). Mikroorganizmy v uslovijah global'nogo izmenenija klimata [Microorganisms in the context of global climate change]. *Agricultural*

- biology* – *Sel'skohozyajstvennaja biologija*, 50(5), 641–647 [in Russian].
9. Mironenko, N.V., Kovalenko, N.M. & Baranova, O.A. (2019). Charakteristika geograficheski otdalennyh populjacij *Pyrenophora tritici-repentis* po virulentnosti i genam toksinoobrazovanija ToxA i ToxV [Characterization of geographically distant populations of *Pyrenophora tritici-repentis* by virulence and toxin formation genes ToxA and ToxB]. *Bulletin of Plant Protection – Vestnik zashhity rastenij*, 1(99), 24–29 [in Russian].
 10. Markelova, T.S. (2015). Fitosanitarnaja situacija v agrocenoze zlakovyh kul'tur Povolzh'ja [Phytosanitary situation in the agrocenosis of cereal crops of the Volga region]. *Plant protection and quarantine – Zashhita i karantin rastenij*, 5, 22–23 [in Russian].
 11. Arraiano, L.S. & Brown, J.K.M. (2017). Sources of resistance and susceptibility to *Septoria tritici* blotch of wheat. *Mol Plant Pathol*, 18, 276–292 [in English].
 12. Brown, N.A., Evans, J., Mead, A. & Hammond-Kosack, K.E. (2017). A spatial temporal analysis of the *Fusarium graminearum* transcriptome during symptomless and symptomatic wheat infection. *Mol. Plant Pathol*, 18(9), 1295–1312 [in English].
 13. Cruz, C.D., Magarey, R.D. & Christie, D.N. et al. (2016). Climate suitability for *Magnaporthe oryzae* Triticum pathotype in the United States. *Plant Dis*, 100, 1979–1987 [in English].
 14. Gilbert, J. & Haber, S. (2013). Overview of some recent research developments in fusarium head blight of wheat. *Can. J. Plant Pathol*, 35, 149–174 [in English].
 15. Hovmoller, M.S., Walter, S. & Bayles, R.A. et al. (2015). Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathol*, 65, 402–411 [in English].
 16. Lei, Y., Wang, M. & Wan, A. et al. (2016). Virulence and molecular characterization of experimental isolates of the stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis*) indicate somatic recombination. *Phytopathology*, 107, 329–344 [in English].
 17. Markov, I.L., Bashta, O.V., Gentosh, D.T. Hlymiazny, V.A., Dermenko, O.P. & Chernenko Ye.P. (2017). *Sil'skogospodarska fitopatologija [Agricultural phytopathology]*. Kyiv: Interservis [in Ukrainian].
 18. Holjačuk, Ju. (2015). Rozvytok osnovnyx hrybnyx xvorob pšenyci ozymoju v umovax Navčal'no-naukovo-doslidnoho centru L'vivs'koho nacional'noho ahrarnoho universytetu [Development of basic fungal diseases of winter wheat in the conditions of the Educational Research Center of Lviv National Agrarian University]. *Visnyk of Lviv National Agrarian University – Visnyk L'vivs'koho nacional'noho ahrarnoho universytetu*, 19, 165–168 [in Ukrainian].
 19. Markovska, O.Y., Pikovskiy, M.Y., Nikishov, O.O. (2018). Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine. *Biological Resources and Nature Management*, 10(3–4), 98–104.
 20. Ret'man, S., Kislyh, T., Shevchuk, O. & Kljuchevich, M. (2017). Snezhnaja plesen' na ozimyh kolosovyh [Snow mold on winter cereal]. *Proposition – Propozycja*, 12, 21–29 [in Russian].
 21. Švartau, V.V., Myxal's'ka, L.M. & Zozulja, O.L. (2017). Pošyrennja fuzarioziv v Ukraini [The spread of Fusarium in Ukraine]. *Agronomist – Ahronom*, 4, 40–43 [in Ukrainian].
 22. Boenisch, M.J. & Schafer, W. (2011). *Fusarium graminearum* forms mycotoxin producing infection structures on wheat. *BMC Plant Biol*, 11, 110 [in English].
 23. Ret'man, S.V., Kyslyx, T.M., Ševčuk, O.V., Bazykin, O.V., Afanasieva, O.H., Holosna, L.M. & Lisova, H.M. (2018). Mikozy zerna pšenyci ozymoju [Mycosis of winter wheat]. *Quarantine and plant protection – Karantyn i zaxyst roslyn*, 11–12, 1–3 [in Ukrainian].
 24. Soroka, S.V. (Ed.). (2018). Jekonomicheskie (jekonomicheskie) porogi vredonosnosti vreditelej, boleznij i sornyh rastenij v posevah sel'skohozyajstvennyh kul'tur: spravocnik [Biological (economic) thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in crops of crops: a reference]. Priluki: RUP «Institut zashhity rastenij» [in Russian].
 25. Furdychko, O.I. & Demyanyuk, O.S. (2014). Aghroekologhija – fundamentaljna osnova formuvannja zbalansovanoju aghrosferij [Agroecology – a fundamental basis for the formation of a balanced agrosphere]. *Ahroekologhichniy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 7–13 [in Ukrainian].
 26. Lykhochvor, V., Potopljak, O. & Bomba, M. (2015). Urozhajnistj ta bioenerghetyčna ocinka vyroshhuvannja jachmenju jarogho zalezno vid udobrennja ta zakhystu roslyn vid khvorob [Yield and bioenergy evaluation of spring barley cultivation depending on fertilizer and plant protection against disease]. *Visnyk L'vivs'kogo nacional'noho aghrarnogo universytetu – Bulletin of the National Agrarian University of Lviv*, 19, 44–48 [in Ukrainian].
 27. Karpenko, V.P., Bilonozhko, V.Ja., Prytuljak, R.M., Poltoretskij, S.P. & Mostovyak, I.I. (2012). Mikrobiota lystkiv i zerna jachmenju jarogho za diji gherbicydu i biopreparatu [Microbiota of leaves and grain of spring barley during the action of herbicide and biological product]. *Problemy ekologhichnoji biotekhnologhiji – Problems of ecological biotechnology*, 2, 42–53 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.01.2020

СУКЦЕСІЙНА КОНЦЕПЦІЯ МІКРОБІОМУ ҐРУНТУ

Л.Ю. Симочко^{1,2}¹ Ужгородський національний університет² Інститут агроєкології і природокористування НААН

Проаналізовано існуючі підходи вивчення мікробних сукцесій у ґрунті. Розглянуто концептуальні моделі динаміки екзогенних і ендегенних сукцесій в угрупованнях ґрунтових мікроорганізмів природних і трансформованих екосистем. Встановлено загальні закономірності змін у функціональній і таксономічній структурі угруповань ґрунтових мікроорганізмів на різних стадіях сукцесійного процесу. Відзначено, що біомаса ґрунтових мікроорганізмів і філогенетичне різноманіття є маркерами сукцесійних процесів у мікробіомі ґрунту. На основі довготривалих моніторингових досліджень мікробіому ґрунту природних і трансформованих екосистем запропоновано деталізовані концептуальні моделі сукцесійної динаміки. Відповідно до запропонованої концепції виділено п'ять основних категорій сукцесій із вказаними маркерами і драйверами сукцесійних процесів у різних типах екосистем.

Ключові слова: сукцесія, концепція, мікроорганізми, динаміка, ґрунт, екосистема.

Сучасний підхід до оцінювання якості об'єктів навколишнього природного середовища базується на принципі *збалансованого функціонування* екосистеми і передбачає взаємозв'язок компонентів біоценозу та їхню взаємодію з ґрунтом. Як основні показники збалансованого функціонування розглядаються кількість і якість створюваної біологічної продукції, біорізноманіття, стан наземної флори та фауни тощо. Ґрунт у біосфері виконує важливу екологічну функцію. Він є осередком усіх біосферних процесів обміну речовини і енергії, відіграє ключову роль сполучної ланки між біологічним і геологічним кругообігом, є екологічною нішею для багатьох видів живих організмів [1–6].

Формування та підтримка різноманіття форм життя — одна із найважливіших екологічних функцій ґрунту, що реалізується через створення умов, необхідних для життєдіяльності живих організмів: трофічних, фізико-хімічних, фізичних, гідротермічних тощо. Відповідно до умов ґрунтового середовища формуються і функціонують мікробіоценози, фітоценози та угруповання фауни, що перебувають у прямій залежності від чинників довкілля [7–9].

Біота (рослини, фауна, мікроорганізми) і ґрунт у природних умовах пройшли тривалий шлях коєволюції. Нині їх тісний взаємозв'язок зберігається на різних ієрархічних рівнях структурно-функціональної організації цієї системи. Ґрунти, що перебувають на клімаксовому рівні еволюції, характеризуються стійким полікомпонентним угрупованням біоти — різноманіття видів, життєві форми і фізіологічні функції яких відображають їх властивості. Однак еволюційно сформована єдність ґрунту й біорізноманіття є доволі вразливою і може збалансовано функціонувати лише за умови збереження цілісності всіх його компонентів і природних ландшафтів загалом [3, 8].

Мікроорганізми у ґрунті відіграють важливе значення у функціонуванні різних типів екосистем як природних, так і штучних, зокрема агроєкосистем [10]. Сукцесії, що відбуваються в угрупованнях ґрунтових мікроорганізмів, потребують всебічного розгляду, адже є складним і маловивченим процесом. Здебільшого увагу науковців привертала флористичні сукцесії. На сьогодні існує кілька їх класифікацій [11–15], які сформульовані з урахуванням тих чи інших джерел сукцесії, її рушійної сили, тривалості реалізації та ди-

намічного потенціалу рослинного і біогеоценотичного покриву. Термін «сукцесія», запропонований А. Тенслі [16], застосовується для визначення процесів трансформації ценосистем, які відбуваються під впливом внутрішніх (автогенна сукцесія: сингенез і ендоекогенез) або зовнішніх стосовно угруповань чинників (алогенна сукцесія) — природних або антропогенних [12]. Сукцесії поділяють також на первинні і вторинні, зворотні (циклічні) і незворотні, дигресивні (регресивні) і прогресивні, відновні (демутаційні), рекреаційні (ретрогресивні), радіаційні тощо [2, 11, 13], хоч такий поділ є доволі умовним, оскільки природні й антропогенні зміни зазвичай відбуваються одночасно.

Дослідження сукцесій визначається як впорядкована і передбачувана зміна угруповань у часі внаслідок колонізації нового середовища існування. Це положення займає центральне місце в розробці екологічних теорій вже понад століття. Однак переважна більшість цих досліджень зводиться до вивчення рослинних ценозів, а мікробним угрупованням приділялось значно менше уваги, хоча найбільшим філогенетичним різноманіттям на планеті є мікробне. Чисельність, розповсюдженість, різноманіття і біогеохімічна значущість краще інтегрує мікроорганізми в концептуальну модель екологічних сукцесій [17].

Методологічні обмеження значно ускладнюють процес вивчення мікробних сукцесій. Мікробні угруповання відрізняються чисельністю, біорізноманіттям, здатністю швидко змінюватися під впливом зовнішніх чинників. Також необхідно відзначити, що значну частину представників ґрунтового мікробіому неможливо визначити на культуральних середовищах у лабораторних умовах. Однак значний розвиток молекулярно-генетичних досліджень дає змогу зробити більш доступним процес вивчення мікробних сукцесій.

Мета роботи — узагальнити попередні дослідження мікробних сукцесій та запропонувати їх концептуальні моделі, які розкриють динаміку та конкретні процеси, що відбуваються в угрупованнях мікрооргані-

змів під впливом різноманітних чинників як у природних, так і трансформованих екосистемах.

Сукцесії прийнято розглядати як динаміку угруповань у часі під впливом ендогенних і екзогенних чинників. За В.Д. Федоровим і Т.Г. Гільмановим [18], сукцесія визначається як векторизована зміна ценосистеми через низку стадій, або серію змін, у напрямі до клімаксового за Ф. Клементсом [19], або корінного за В.Б. Сочавою [20], чи вузлового за П.Д. Ярошенком [21] угруповання, що її завершує. Клімакс є відносно стабільним станом біогеоценозу, проте, як наголошує М.В. Диліс [22] слідом за В.М. Сукачовим [23], клімаксові ценосистеми перебувають лише у стані сповільненої сукцесії, яка повністю ніколи не припиняється. Концепція клімаксу пройшла кілька етапів розвитку — від моноклімаксу до поліклімаксу і клімакс-мозаїки [24–26] — і використовується багатьма сучасними біогеоценологами. Серед багатьох визначень сукцесії найпоширенішим є розуміння її як процесу незворотної реорганізації біогеоценозу, що призводить до зміни одного ценозу на інший на певній ділянці території незалежно від характеру і природи чинників впливу [22, 26].

Загалом, сукцесії поділяють на первинні і вторинні, і найчастіше така класифікація використовується для дослідження фітоценозів. Щодо мікробних угруповань, ці зміни є набагато складнішими і швидшими. Низка вчених запропонували класифікувати сукцесії залежно від джерела вуглецю для біосинтезу. Було запропоновано поділити гетеротрофні сукцесії на ендогенні і екзогенні. Ці дві категорії були також поділені на дві групи залежно від того, як мікробне угруповання модифікує і впливає на кількість і якість доступного вуглецю в процесі ендогенних і екзогенних сукцесій. Під час ендогенної сукцесії структура мікробних угруповань та доступний з органічних субстратів вуглець, наявний у навколишньому природному середовищі, є нерозривно пов'язаними між собою і змінюватимуться як сукцесійний прогрес. Натомість, під час екзогенних су-

кцесій надходження органічного вуглецю із субстрату впродовж певного періоду є відносно фіксованим. Тривалість екзогенної сукцесії буде визначатися кількістю органічного вуглецю, доступного мікроорганізмам. Визначення відповідних часових рамок для дослідження сукцесій може бути доволі складним з огляду на те, що зміни в структурі угруповання відбуваються в широкі часові межі під впливом значної кількості чинників, які можуть змінити або перервати хід сукцесії [27–30]. Частота вторинних порушень буде впливати на швидкість, з якою мікробні угруповання розвиваються. Тому тривалість мікробної сукцесії до досягнення клімаксу може значно відрізнятись у різних екосистемах. Наприклад, у щойно колонізованому ґрунті часові рамки сукцесій у різних регіонах можуть варіювати від одного року до десятиліть [31–33].

Аналіз результатів досліджень мікробних сукцесій засвідчив, що значна акумуляція біомаси мікроорганізмів відбувається на ранніх етапах сукцесій, що обумовлено також стратегією життєвого циклу мікроорганізмів, швидким розмноженням і опануванням вільних екологічних ніш. Щодо показників біорізноманіття, слід відзначити певну їх варіабельність.

Біомаса і різноманіття є показниками, що відображають зміни під час перебігу сукцесій. Мікробна біомаса є важливим, живим і лабільним компонентом органічної речовини ґрунту і його природним мікробним потенціалом, що дає змогу широко використовувати цей показник під час оцінювання як стану мікробіоценозу, так і ґрунту [30, 34–36]. Унаслідок того, що швидкість оборотності мікробної біомаси становить 0,5–2 роки, а органічної речовини ґрунту понад 20 років, це надає можливість використовувати значення змін, що відбуваються з мікробною біомасою (зокрема, її зменшення) під час оцінювання стану органічної речовини ґрунту. Мікробну біомасу [37, 38] рекомендують використовувати для ранньої діагностики змін в органічній речовині ґрунту, наприклад, унаслідок різних агрозаходів [39].

Зважаючи на зміни кількості біомаси мікроорганізмів і чисельності основних еколого-трофічних груп, а також різноманіття мікроорганізмів у ґрунті, було запропоновано дві концептуальні моделі сукцесій: ендегенні гетеротрофні та екзогенні гетеротрофні. Ендегенні гетеротрофні концептуальні моделі характеризуються збільшенням чисельності амоніфікаторів, оліготрофів та загальної біомаси мікроорганізмів. Зростає також і біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів. У середній стадії сукцесії зменшується біомаса, чисельність амоніфікаторів, філогенетичне різноманіття і — зростає чисельність оліготрофного блоку. На більш пізніх стадіях сукцесії спостерігається плато, філогенетичне різноманіття ґрунтових мікроорганізмів майже не змінюється, так само як біомаса і чисельність основних функціональних груп мікроорганізмів. Щодо екзогенних гетеротрофних сукцесій, спостерігаються зовсім інші закономірності. На ранніх стадіях сукцесії відбувається збільшення біомаси мікроорганізмів, чисельності зимогенного та оліготрофного блоків ґрунтового угруповання та філогенетичного різноманіття. У середній і пізній стадії екзогенних сукцесій відбуваються циклічні зміни чисельності, біомаси та філогенетичного різноманіття мікроорганізмів. Ці зміни мають хвилеподібний характер.

Під час активного розвитку сукцесій часто спостерігається домінування ендемічних таксонів на противагу оліготрофним видам [40, 41]. Доступність ресурсів є фундаментальним драйвером мікробних сукцесій.

Під час ендегенної гетеротрофної сукцесії лабільні субстрати будуть споживатися, насамперед, органотрофними мікроорганізмами, наприклад, амоніфікаторами, пізніше заміняться оліготрофними таксонами, які метаболізують стійкі залишки органічного вуглецю на більш пізніх стадіях сукцесій [42]. Під час екзогенних гетеротрофних сукцесій варіабельність угруповання є вищою і змінюється впродовж короткого періоду залежно від доступності ресурсів. Можуть відбуватися раптові збільшення і

зменшення чисельності основних функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів та їх біомаси [43–45]. Довготривалі моніторингові дослідження мікробіому ґрунту [4, 10, 46–48], що проводяться з 2005 р., надали змогу створити на основі аналізу багаторічної варіабельності біомаси, філогенетичного різноманіття, чисельності основних еколого-трофічних груп та структури мікробних угруповань концептуальну модель сукцесій для різних типів екосистем. Відповідно до цієї концептуальної моделі запропоновано класифікацію сукцесій (причинно-наслідкову) з урахуванням різних драйверів у певному типі екосистеми.

Гологенетичні-відновлювальні сукцесії є характерними для агроекосистем, де використовується сівозміна. Чергування сільськогосподарських культур дає змогу підтримувати баланс чисельності мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп та забезпечувати диверзитність мікробного угруповання. Такий тип сукцесій є характерним для збалансованих агроекосистем.

Гологенетичні-деструкційні сукцесії. Ця модель сукцесій є характерною для агроекосистем з беззмінним культивуванням сільськогосподарських культур. Сукцесії у таких агроекосистемах є доволі динамічними і зумовлюють негативні зміни у структурі мікробних угруповань та функціональних характеристиках. Збільшується чисельність оліготрофного блоку, зменшується біомаса мікроорганізмів і філогенетичне різноманіття мікробних угруповань, процеси деструкції органічної речовини ґрунту активізуються, що порушує перебіг мінералізаційних процесів у ґрунті та призводить до втрат гумусу.

Адаптивно-деструкційні сукцесії відбуваються в трансформованих екосистемах, урбоекосистемах, зонах рекреації, які зазнають постійного антропогенного впливу. Для таких сукцесій характерною є швидка зміна структури мікробного угруповання на ранніх стадіях. Відбувається збільшення чисельності автохтонної мікробіоти, зокрема *k*-стратегів, порушення збалансованості мінералізаційних процесів. Вплив драйверів змін є особливо активним на цій стадії.

Через певний проміжок часу відбувається адаптація мікробного угруповання ґрунту до цих змін. Флуктуація чисельності є більш повільною у часі, диверзитність угруповання змінюється не так динамічно, як на початковій стадії сукцесії, але зберігається загальна тенденція змін в угрупованні з домінуванням *k*-стратегів.

Автогенетичні-циклічні сукцесії ґрунтових мікроорганізмів у лісових і пралісових екосистемах характеризуються циклічними коливаннями чисельності основних еколого-функціональних груп. Слід зауважити, що такі коливання є характерними як для *r*-стратегів (зимогенна мікробіота), так і *k*-стратегів (автохтонна мікробіота, до складу якої входять педотрофи і оліготрофи) органотрофного блоку, а також оліготрофного. До того ж флуктуація чисельності відбувається з однаковою закономірністю — загальне збільшення або зменшення. Такі зміни чисельності мікроорганізмів, біомаси, диверзитності відбуваються у середній і кінцевій стадіях сукцесії. Драйверами таких змін є, як правило, чинники навколишнього природного середовища.

Автогенетичні-ациклічні сукцесії угруповань ґрунтових мікроорганізмів є характерними для екосистем, що досягли клімаксу. Зміни у структурі мікробного угруповання та чисельності основних еколого-функціональних груп є незначними, тобто залишаються майже незмінними у часі. Філогенетичне різноманіття підтримується на певному визначеному рівні. Спостерігається плато у функціональній і таксономічній структурі. Такі угруповання характеризуються значною стійкістю та збалансованістю процесів, що у них відбуваються.

ВИСНОВКИ

Мікробні сукцесії відіграють важливу роль у підтриманні гомеостазу як природних, так і трансформованих екосистем, у т.ч. агроекосистем. На основі аналізу результатів досліджень і вітчизняних, і закордонних науковців було проаналізовано концептуальну модель сукцесій та запропоновано власну, більш деталізовану модель з

аналізом драйверів та маркерів сукцесійної динаміки залежно від типу екосистеми. Дослідження мікробних сукцесій є надзвичайно складним процесом, що обумовлено високою варіабельністю біомаси, філогенетичного різноманіття та швидкими реакці-

ями на вплив змінних чинників. Поряд із тим детальне вивчення мікробних сукцесій у ґрунті надасть змогу розробити алгоритми відновлення та стабілізації порушених екосистем і забезпечити сталий розвиток агроекосистем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Биорегуляция микробно-растительных систем: монография / Г.А. Иутинская, С.П. Пономаренко, Е.И. Андреев и др.; под ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренка. — К.: Ничлава, 2010. — 464 с.
2. *Aislabie J.* Soil microbes and their contribution to soil services / J. Aislabie, J.R. Deslippe // *Soil microbial diversity. Ecosystem services in New Zealand — conditions and trends.* — Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand, 2013. — P. 143–161.
3. *Bardgett R.D.* Biological diversity and function in soils / R.D. Bardgett, M.B. Usher. — Cambridge Univ. Press, 2005. — 505 p.
4. *Пагика В.П.* Мікробіологічний моніторинг ґрунту природних та трансформованих екосистем Закарпаття України / В.П. Пагика, Л.Ю. Симочко // *Мікробіологічний журнал.* — 2013. — № 2. — С. 21–31.
5. *Soil Ecology and Ecosystem Services* / Editor-in-Chief D.H. Wall. — Oxford University Press, 2012. — 405 p.
6. *Soil microbial associations. Control of structures and functions* / Edited by V. Vancura, F. Kunc. — Elsevier, 1988. — 498 p.
7. *Steinweg J.M.* Modeling the effects of temperature and moisture on soil enzyme activity: linking laboratory assays to continuous field data / J.M. Steinweg, J.S. Dukes, M.D. Wallenstein // *Soil Biol. Biochem.* — 2012. — Vol. 55. — P. 85–92.
8. A theoretical reassessment of microbial maintenance and implications for microbial ecology modeling / G. Wang, W.M. Post // *FEMS Microbiol. Ecol.* — 2012. — Vol. 81. — P. 610–617.
9. Changes in soil microbial community structure following the abandonment of agricultural terraces in mountainous areas of Eastern Spain / R. Zornoza, C. Guerrero, J. Mataix-Solera et al. // *Appl Soil Ecol.* — 2009. — Vol. 42. — P. 315–323.
10. *Symochko L.* Microbial monitoring of soil as additional tools for conservation biology / L. Symochko, H.B. Hamuda // *Obuda University e-Bulletin.* — 2015. — Vol. 5(1). — P. 177–185.
11. *Александрова В.Д.* Изучение смен растительного покрова / В.Д. Александрова // *Полевая геоботаника: в 4 т.* — М.; Л.: Наука, 1964. — Т. 3. — С. 300–447.
12. *Миркин Б.М.* Фитоценология. Принципы и методы / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. — М.: Наука, 1978. — 212 с.
13. *Работнов Т.А.* Фитоценология / Т.А. Работнов. — 2-е изд. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. — 296 с.
14. *Сукачев В.Н.* Идея развития в фитоценологии / В.Н. Сукачев // *Сов. ботан.* — 1942. — № 1/3. — С. 5–17.
15. *Сукачев В.Н.* Основные понятия лесной биогеоценологии / В.Н. Сукачев // *Основы лесной биогеоценологии.* — М.: Наука, 1964. — С. 5–50.
16. *Tansley A.G.* The use and abuse of vegetational concepts and terms / A.G. Tansley // *Ecology.* — 1935. — Vol. 16. — No. 3. — P. 284–307.
17. *Pace N.R.* A molecular view of microbial diversity and the biosphere / N.R. Pace // *Science.* — 1997. — Vol. 276. — P. 734–739.
18. *Федоров В.Д.* Экология / В.Д. Федоров, Т.Г. Гильманов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. — 464 с.
19. *Clements F.E.* Plant succession and indicators / F.E. Clements. — N.-Y.: Hafner press, 1973. — 453 p.
20. *Сочава В.Б.* Вопросы классификации растительности, типологии физико-географических фаций и биогеоценозов / В.Б. Сочава // *Тр. Ин-та биол. Уральск. фил. АН СССР.* — 1961. — Вып. 27. — С. 5–22.
21. *Ярошенко П.Д.* Геоботаника. Основные понятия, направления и методы / П.Д. Ярошенко. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. — 474 с.
22. *Дылис Н.В.* Основы биогеоценологии / Н.В. Дылис. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. — 152 с.
23. *Сукачев В.Н.* Идея развития в фитоценологии / В.Н. Сукачев // *Сов. ботан.* — 1942. — № 1/3. — С. 5–17.
24. *Разумовский С.М.* Основные закономерности сукцессионной динамики фитоценозов / С.М. Разумовский // *Моделирование биогеоценологических процессов.* — М.: Наука, 1981. — С. 47–62.
25. *Разумовский С.М.* Закономерности динамики биогеоценозов / С.М. Разумовский. — М.: Наука, 1981. — 232 с.
26. *Разумовский С.М.* Избранные труды / С.М. Разумовский. — М.: КМК Scientific Press, 1999. — 560 с.
27. *Davis M.B.* Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change / M.B. Davis, R.G. Shaw // *Science.* — 2001. — Vol. 292. — P. 673–679.
28. *Delmoral R.* Mechanisms of primary succession e insights resulting from the eruption of Mount St-Helens / R. Delmoral, L.C. Bliss // *Adv. Ecol. Res.* — 1993. — Vol. 24. — P. 1–66.
29. Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay Alaska / F.S. Chapin, L.R. Walker, C.L. Fastie, L.C. Sharnan // *Ecol. Monogr.* — 1994. — Vol. 64. — P. 149–175.

30. Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances / M.G. Turner, W.L. Baker, C.J. Peterson, R.K. Peet // *Ecosystems*. — 1998. — No. 1. — P. 511–523.
31. Sigler W.V. Bacterial succession in glacial forefield soils characterized by community structure, activity and opportunistic growth dynamics / W.V. Sigler, S. Crivii, J. Zeyer // *Microb. Ecol.* — 2002. — Vol. 44. — P. 306–316.
32. Testing the functional significance of microbial community composition / M. Strickland, C. Lauber, N. Fierer, M. Bradford // *Ecology*. — 2009. — Vol. 90. — P. 441–451.
33. Microbial community succession in unvegetated, recently-deglaciated soils / D.R. Nemerbut, S.P. Anderson, C.C. Cleveland et al. // *Microb. Ecol.* — 2007. — Vol. 53. — P. 110–122.
34. Powlson D.S. Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation / D.S. Powlson, P.C. Brookes, B.T. Christensen // *Soil Biology & Biochemistry*. — 1987. — Vol. 19, No. 2. — P. 159–164.
35. Sakamoto K. Effect of fungal to bacterial biomass ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass / K. Sakamoto, Y. Oba // *Biol Fertil Soils*. — 1994. — Vol. 17, No.1. — P. 39–44.
36. Bailey V.L. Fungal-to-bacterial biomass ratios in soils investigated for enhanced carbon sequestration / V.L. Bailey, J.L. Smith, H.J. Bolton // *Soil Biol Biochem* — 2002. — Vol. 34. — P. 997–1007.
37. Bioindication in Soil Ecosystems / Edited by T.J. Heeger, G. Imfeld, E.A.D. Mitchell // *European Journal of Soil Biology*. — 2012. — Vol. 49. — P. 1–118.
38. Brussaard L. Soil biodiversity for agricultural sustainability / L. Brussaard, P.C. de Ruiter, G.G. Brown // *Agriculture Ecosys. Environ.* — 2007. — Vol. 121. — P. 233–244.
39. Дем'янюк О.С. Сучасні методичні підходи до оцінювання екологічного стану ґрунту за активністю мікробіоценозу / О.С. Дем'янюк, Л.Ю. Симочко, О.В. Тертична // *Питання біоіндикації та екології* — 2017. — Вип. 22. — № 1. — С. 55–68.
40. Fierer N. Toward an ecological classification of soil bacteria / N. Fierer, M. Bradford, R. Jackson // *Ecology*. — 2007. — Vol. 88. — P. 1354–1364.
41. Changes through time: integrating microorganisms into the study of succession / N. Fierer et al. // *Research in Microbiology*. — 2010. — Vol. 20. — P. 1–8. DOI:10.1016/j.resmic.2010.06.002
42. Rui J.P. Succession of bacterial populations during plant residue decomposition in rice field soil / J.P. Rui, J.J. Peng, Y.H. Lu // *Appl. Environ. Microbiol.* — 2009. — Vol. 75. — P. 4879–4886.
43. Structure of microbial communities in activated sludge: potential implications for assessing the biodegradability of chemicals / L.J. Forney, W.T. Liu, J.B. Guckert et al. // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* — 2001. — Vol. 49. — P. 40–53.
44. Bacterial succession in a glacier foreland of the High Arctic / U.M.E. Schutte, Z. Abdo, S.J. Bent et al. // *ISME J.* — 2009. — Vol. 3. — P. 1258–1268.
45. Nakasaki K. Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste / K. Nakasaki, K. Nag, S. Karita // *Waste Manag. Res.* — 2005. — Vol. 23. — P. 48–56.
46. Symochko L.Y. Authentic soil microbial communities in primeval forest ecosystems of Uzhanskyi National Nature Park / L.Y. Symochko, A.I. Fizer // *Gruntoznavstvo*. — 2017. — Vol. 18. — No. 3–4. — P. 51–56. DOI: 10.15421/041715
47. Symochko L.Yu. Soil Microbiome of Primeval Forest Ecosystems in Transcarpathia / L.Yu. Symochko, A.V. Kalinichenko // *Мікробіологічний Журнал*. — 2018. — Vol. 80(3). — P. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.03.003>
48. Симочко Л.Ю. Мікробіом ґрунту культурних рослин за різних агротехнологій / Л.Ю. Симочко, О.С. Дем'янюк // *Агроекологічний журнал*. — 2018. — № 2. — С. 87–93.

REFERENCES

1. Iutinskaya, G.A., Ponomarenko, S.P., Andreyuk, Ye.I. et al. (2010). *Bioregulyatsiya mikrobno-rastitel'nykh sistem: monografiya [Bioregulation of microbial-plant systems]*. G.A. Iutinskoy, S.P. Ponomarenka (Eds.). Kyiv: Nichlava [in Russian].
2. Aislabie, J., Deslippe, J.R. (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. *Soil microbial diversity. Ecosystem services in New Zealand — conditions and trends*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand [in English].
3. Bardgett, R.D., Usher, M.B. (2005). *Biological diversity and function in soils*. Cambridge Univ., Press [in English].
4. Patyka, V.P., Symochko, L.YU. (2013). Mikrobiolohichnyy monitoryng ґрунту pryrodnykh ta transformovanykh ekosystem Zakarpattya Ukrayiny [Microbiological monitoring of natural and transformed ecosystems in Transcarpathia, Ukraine]. *Mikrobiolohichnyy zhurnal — Microbiology Journal*, 2, 21–31 [in Ukrainian].
5. Wall, D.H. (2012). *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford University Press [in English].
6. Vancura, V., Kunc, F. (Eds.). (1988). *Soil microbial associations. Control of structures and functions*. Elsevier [in English].
7. Steinweg, J.M., Dukes, J.S., Wallenstein, M.D. (2012). Modeling the effects of temperature and moisture on soil enzyme activity: linking laboratory assays to continuous field data. *Soil Biol. Biochem*, 55, 85–92 [in English].
8. Wang, G., Post, W.M. (2012). A theoretical reassessment of microbial maintenance and implications for microbial ecology modeling. *FEMS Microbiol. Ecol*, 81, 610–617 [in English].

9. Zornoza, R., Guerrero, C., Mataix-Solera, J. et al. (2009). Changes in soil microbial community structure following the abandonment of agricultural terraces in mountainous areas of Eastern Spain. *Appl Soil Ecol*, 42, 315–323 [in English].
10. Symochko, L. Hamuda, H.B. (2015). Microbial monitoring of soil as additional tools for conservation biology. *Obuda University e-Bulletin*, 5(1), 177–185 [in English].
11. Aleksandrova, V.D. (1964). Izucheniyе smen rastitel'nogo pokrova [Study of land cover changes]. *Polevaya geobotanika [Field Geobotany (Vol. 4)]*. Moskva, Leningrad: Nauka [in Russian].
12. Mirkin, B.M., Rozenberg, G.S. (1978). *Fitotsenologiya. Printsipy i metody [Phytocenology. Principles and Methods]*. Moskva: Nauka [in Russian].
13. Rabotnov, T.A. (1983). *Fitotsenologiya [Phytocenology]*. Moskva: Izd-vo Mosk. un-ta [in Russian].
14. Sukachev, V.N. (1942). Ideya razvitiya v fitotsenologii [The idea of development in phytocenology]. *Sov. Botan*, 1/3, 5–17 [in Russian].
15. Sukachev, V.N. (1964). Osnovnyye ponyatiya lesnoy biogeotsenologii [Basics concepts of forest biogeocenology]. *Osnovy lesnoy biogeotsenologii [Basis of forest biogeocenology]*. — Moskva: Nauka [in Russian].
16. Tansley, A.G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284–307 [in English].
17. Pace, N.R. (1997). A molecular view of microbial diversity and the biosphere. *Science*, 276, 734–739 [in English].
18. Fedorov, V.D., Gil'manov, T.G. (1980). *Ekologiya [Ecology]*. Moskva: Izd-vo Mosk. un-ta [in Russian].
19. Clements, F.E. (1973). *Plant succession and indicators*. New-York: Hafner press [in English].
20. Sochava, V.B. (1961). Voprosy klassifikatsii rastitel'nosti, tipologii fiziko-geograficheskikh fatsiy i biogeotsenozov [Classification of vegetation, typology of physical-geographical facies and biogeocenoses]. *Tr. In-ta biol. Ural'sk. fil. AN SSSR — Work's In-t of biol Phil in Ural'sk ASC USSR*, 27, 5–22. [in Russian].
21. Yaroshenko, P.D. (1961). *Geobotanika. Osnovnyye ponyatiya, napravleniya i metody. [Geobotany. Basic concepts, directions and methods.]*. Moskva; Leningrad: Izd-vo AN SSSR [in Russian].
22. Dylis, N.V. (1978). *Osnovy biogeotsenologii. [Fundamentals of Biogeocenology]*. Moskva: Izd-vo Mosk. un-ta [in Russian].
23. Sukachev, V.N. (1942). Ideya razvitiya v fitotsenologii [The idea of development in phytocenology]. *Sov. Botan*, 1/3, 5–17 [in Russian].
24. Razumovskiy, S.M. (1981). Osnovnyye zakonomernosti suksessionnoy dinamiki fitotsenozov [The main laws of succession dynamics of phytocenoses]. *Modelirovaniye biogeotsenoticheskikh protsessov [Modeling of biological processes]*. Moskva: Nauka [in Russian].
25. Razumovskiy, S.M. (1981). *Zakonomernosti dinamiki biogeotsenozov [Patterns of dynamics of biogeocenoses]*. Moskva: Nauka [in Russian].
26. Razumovskiy, S.M. (1999). *Izbrannyye trudy [Selected Works]*. Moskva: KMK Scientific Press [in Russian].
27. Davis, M.B., Shaw, R.G. (2001). Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change. *Science*, 292, 673–679 [in English].
28. Delmoral, R., Bliss, L.C. (1993). Mechanisms of primary succession e insights resulting from the eruption of Mount St-Helens. *Adv. Ecol. Res.*, 24, 1–66 [in English].
29. Chapin, F.S., Walker, L.R., Fastie, C.L., Sharman, L.C. (1994). Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay Alaska. *Ecol. Monogr.*, 64, 149–175 [in English].
30. Turner, M.G., Baker, W.L., Peterson, C.J., Peet, R.K. (1998). Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems*, 1, 511–523 [in English].
31. Sigler, W.V., Crivii, S., Zeyer, J. (2002). Bacterial succession in glacial forefield soils characterized by community structure, activity and opportunistic growth dynamics. *Microb. Ecol.*, 44, 306–316 [in English].
32. Strickland, M., Lauber, C., Fierer, N., Bradford M. (2009). Testing the functional significance of microbial community composition. *Ecology*, 90, 441–451 [in English].
33. Nemergut, D.R., Anderson, S.P., Cleveland, C.C., Martin, A.P., Miller, A.E., Seimon, A., Schmidt, S.K. (2007). Microbial community succession in unvegetated, recently-deglaciated soils. *Microb. Ecol.*, 53, 110–122 [in English].
34. Powlson, D.S., Brookes, P.C., Christensen, B.T. (1987). Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology & Biochemistry*, 19(2), 159–164 [in English].
35. Sakamoto, K., Oba, Y. (1994). Effect of fungal to bacterial biomass ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. *Biol Fertil Soils*, 17(1), 39–44 [in English].
36. Bailey, V.L., Smith, J.L., Bolton, H.J. (2002). Fungal-to-bacterial biomass ratios in soils investigated for enhanced carbon sequestration. *Soil Biol Biochem*, 34, 997–1007 [in English].
37. Heger, T.J., Imfeld, G., Mitchell, E.A.D. (2012). Bioindication in Soil Ecosystems. *European Journal of Soil Biology*, 49, 1–118 [in English].
38. Brussaard, L., de Ruiter, P.C., Brown, G.G. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture Ecosys. Environ*, 121, 233–244 [in English].
39. Demiyanyuk, O.S., Symochko, L.YU., Tertychna, O.V. (2017). Suchasni metodychni pidkhody do otsynuyuvannya ekolohichnoho stanu ґruntu za aktyvnistyu mikrobiotsenozu. [Modern methodical approaches to evaluation the ecological condition of soil by microbial activity]. *Pytannya bioindykatsiyi ta ekolohiyi — Questions of bioindication and ecology*, 22, 3(6), 55–68 [in Ukrainian].
40. Fierer, N., Bradford, M., Jackson, R. (2007). Toward an ecological classification of soil bacteria. *Ecology*, 88, 1354–1364 [in English].

41. Fierer, N. et al. (2010). Changes through time: integrating microorganisms into the study of succession. *Research in Microbiology*, 20, 1–8. DOI:10.1016/j.resmic.2010.06.002 [in English].
42. Rui, J.P., Peng, J.J., Lu, Y.H. (2009). Succession of bacterial populations during plant residue decomposition in rice field soil. *Appl. Environ. Microbiol.*, 75, 4879–4886. [in English].
43. Forney, L.J., Liu, W.T., Guckert, J.B., Kumagai, Y., Namkung, E., Nishihara, T., Larson, R.J. (2001). Structure of microbial communities in activated sludge: potential implications for assessing the biodegradability of chemicals. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 49, 40–53 [in English].
44. Schutte, U.M.E., Abdo, Z., Bent, S.J., Williams, C.J., Schneider, G.M., Solheim, B., Forney, L.J. (2009). Bacterial succession in a glacier foreland of the High Arctic. *ISME J*, 3, 1258–1268 [in English].
45. Nakasaki, K., Nag, K., Karita, S. (2005). Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste. *Waste Manag. Res.*, 23, 48–56 [in English].
46. Symochko, L.Y., Fizer, A.I. (2017). Authentic soil microbial communities in primeval forest ecosystems of Uzhanskyi National Nature Park. *Gruntoznavstvo*, 18(3–4), 51–56. DOI: 10.15421/041715 [in English].
47. Symochko, L.Yu., Kalinichenko, A.V. (2018). Soil Microbiome of Primeval Forest Ecosystems in Transcarpathia. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal – Microbiology Journal*, 80(3), 3–14. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.03.003> [in English].
48. Symochko, L.YU., Demyanyuk, O.S. (2018). Mikrobiom ґрунту кул'турних рослин за різних агротехнологій [Soil microbiome of cultural plants under different agrotechnologies]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 2, 87–93 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.01.2020

УДК 502(477:43)

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201268>

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ РЕГІОНАЛЬНО РІДКІСНОГО ВИДУ ЗНІТУ РОЗМАРИНОЛИСТОГО (*CHAMAERION DODONAEI* (VILL.) HOLUB.) В УМОВАХ КАМ'ЯНЕЦЬКОГО ПРИДНІСТРОВ'Я

Л.Г. Любінська¹, О.А. Сосула¹, В.А. Соломаха²¹ Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка² Інститут агроекології і природокористування НААН

Проаналізовано процес включення регіонально рідкісних видів до офіційних списків раритетних видів Хмельницької обл. Виявлено 168 видів, які потребують охорони на регіональному рівні. Проведено аналіз флори відвалів вапнякового кар'єра біля с-ща Сахкамін (Кам'янецьке Придністров'я) та виявлено 61 вид судинних рослин, наведено родинний спектр, біоморфологічну, екологічну характеристики. Охарактеризовано екологічну та фітоценотичну структури флори. Одним із рідкісних видів Хмельницької обл. є *Chamaerion dodonaei* (Vill.) Holub. Вивчено його біологічні особливості та описано онтоморфогенетичні стани. Встановлено, що проростки з'являються після обнасення, а до завершення вегетаційного періоду переходять в ювенільний та імагурний стани. У наступний вегетаційний рік рослини перебувають в імагурному стані. На третій рік розвитку, у віргінільному стані, формується життєва форма — напівкущик. Проведено аналіз стану популяції виду у межах Нігинського кар'єра. Виявлено лівобічний онтогенетичний спектр популяції. Запропоновано заходи зі збереження виду та створення заказника.

Ключові слова: регіонально рідкісний вид, *Chamaerion dodonaei*, популяція, Кам'янецьке Придністров'я.

Збереження генетичних ресурсів та природних екосистем, які зазнають потуж-

ного антропогенного впливу, є одним із найважливіших завдань природоохоронної концепції України. Нині питанням охорони регіонально рідкісних видів приділяється

мало уваги. Проте вивчення їх особливостей і стану популяцій є важливим аспектом охорони біорізноманіття. Це обумовлено постійним збільшенням кількості чинників і загроз для фіторізноманіття [1].

На території Хмельницької обл. перелік регіонально рідкісних видів створювався ще наприкінці 80-х років минулого століття. У проекті Рішення від 20 грудня 2006 р. № 18-5/2006 [2] було вперше затверджено Положення про регіонально рідкісні види рослин, що не занесені до Червоної книги України, та потребують охорони на території Хмельницької обл., і Перелік регіонально рідкісних видів рослин, включених до Червоної книги України, що потребують охорони в межах області. Попередньо до нього входило 164 види — рішенням Хмельницької обласної ради від 17.07. 2012 р. № 4-12/2012 до переліку включено 150 видів [3]. Після інвентаризації флори судинних рослин [4] список регіонально рідкісних видів збільшився до 168 од. Серед них трапляється *Chamaerion dodonaei* (Vill.) Holub., що зростає на вапнякових відвалах. У межах Товтр інтенсивно добувають рифові вапняки для цукрової промисловості та будівництва, що призводить до повного знищення деяких викопних рифових побудов або їхніх частин, знищення рослинного покриву.

Метою дослідження є виявлення біологічних та екологічних особливостей цього регіонально рідкісного виду.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За фізико-географічним районуванням України, територія Кам'янецького Придністров'я розташовується в лісостеповій зоні Західноукраїнської провінції Західно-Подільської області. Відповідно до кліматичного районування територія Товтр розміщується в атлантико-континентальній області помірного поясу. Мікроклімат регіону формується на фоні загальних кліматичних умов під впливом особливостей рельєфу Товтровою кряжа [5, 6].

Територія досліджень — поблизу с-ща Сахкамінь Кам'янець-Подільського р-ну Хмельницької обл. града вапнякових від-

валів, утворених унаслідок роботи кар'єра з видобування вапняку. Вік досліджуваних техногенних екоотопів становить 1–50 років. Відвали простягаються на 2 км.

Були використані матеріали досліджень, проведені нами впродовж 2012–2019 рр. Види флори вивчали маршрутним методом зі збором гербарного матеріалу з подальшим визначенням рослин. Назви судинних рослин наведено за відповідними вказівниками [7, 8].

Вивчення ценопопуляцій *C. dodonaei* проводили на пробних площах, закладених на різних схилах відвалів. Під час польових досліджень визначали еколого-ценотичні умови місцезростання, структуру популяції, морфологічні параметри вікових груп, особливості росту та розвитку рослин.

Вікову структуру популяції, її динаміку вивчали за відповідними методиками [9–11]. Біоморфологічну характеристику рослин кожної вікової групи складали на основі вимірювань 50 особин. Вивчення онтогенетичних станів особин проводили на основі аналізу комплексу діагностичних ознак, виявлених раніше. Для аналізу ценопопуляцій виду було здійснено облік вікових станів особин, які позначали стандартними індексами: *p* — проростки, *j* — ювенільні, *im* — іматурні, *v* — віргінільні, *g* — генеративні. Сенільні особини (*s*) під час наших польових досліджень не були виявлені. Чисельність та щільність особин у популяції визначали прямим підрахунком на десяти пробних площах обсягом 10 м².

Усі отримані матеріали оброблено статистично для отримання репрезентативних результатів. Експериментальні дані обробляли на прикладних комп'ютерних програмах та Excel for Windows 2016, Windows XP.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Досліджувані ділянки мають значну видову насиченість. На них зростає 61 вид рослин, що належать до 24 родин та двох відділів *Pinophyta* і *Magnoliophyta*. Серед покритонасінних переважають види, що належать до класу дводольних (*Magnoliopsida*). Найчисельнішими є родини *Astera-*

ceae і Rosaceae, а 12 родин налічують по одному виду (рис. 1).

Слід зауважити, що серед видів є ті, що потрапили зі сміттєзвалища, яке розташовується в північній частині відвалів. Частина видів належить до синантропних, занесених з інших антропогенізованих територій, менша їх чисельність трапляється і в сусідніх природних угрупованнях, тобто вони мають широку екологічну амплітуду. Нарешті третя, найбільша група рослин, зростає в корінних природних ценозах і на рудеральні ділянки не поширюється.

Згідно із класифікацією К. Раункієра [12] проведено еколого-морфологічний аналіз флори, в основу якого покладено адаптивні ознаки, характерні для рослин у несприятливий період. У спектрі біоморф флори відвалів переважають трав'яні рос-

лини — 73,5%. Наступну позицію займають терофіти — 13,2%. Частка деревно-чагарникових видів, тобто фанерофітів та хамефітів у флорі відвалів, становить 7,5 і 5,6% відповідно. Як свідчать отримані дані, в умовах відвалів краще зростають багаточірні трав'яні рослини.

Екологічний аналіз засвідчив, що за вимогливістю до водного режиму у флорі вапнякових відвалів виділено такі екологічні групи: мезоксерофіти — 54,1% від загальної кількості видів, ксеромезофіти — 19,7, гігромезофіти — 5,7, ксеромезофіти — 4,8, ксерофіти — 15,7%. За вимогливістю до елементів живлення на дослідній ділянці виділяються екологічні групи рослин, як-от: мезотрофні — 44,8%, мезооліготрофні — 52,8, оліготрофні — 2,4%, що характерно для бідних на гумус та елементи живлення ґрунтів.

Екологічні особливості проявляються через приналежність до фітоценотичних груп. Результати аналізу наведено на рисунку 2.

Отже, за еколого-фітоценотичною належністю переважають види з широкою екологічною амплітудою, які можуть траплятися у кількох фітоценозах.

Так, *C. dodonaei* — напівчагарник з довгими, товстими й м'ясистими підземними пагонами, червонуватого кольору. Стебло прямостояче або підведене 20–100 см заввишки; круглясте, вкрите дрібними, притиснутими волосинками, біля основи здебільшого голе, густо вкрите листям. У пазухах листків багато вкорочених густо опушених гілочок. Листки чергові, товстуваті, сидячі або дуже короткочергові, лінійні або лінійно-ланцетні 2,5–4,5 см завдовжки, 2–4 мм завширшки, цілокраї або віддалено-дрібнозубчасті, голі або опушені притиснутими волосинками. Квітки — великі, оторочені китицями, на густо опушених, 5–18 мм завдовжки ніжках. Чашолистки мають лінійну або лінійно-ланцетну форму 10–13 см завдовжки,

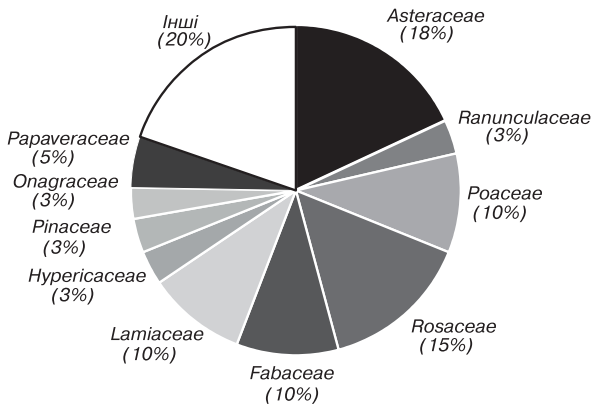


Рис. 1. Родинний спектр флори вапнякових відвалів

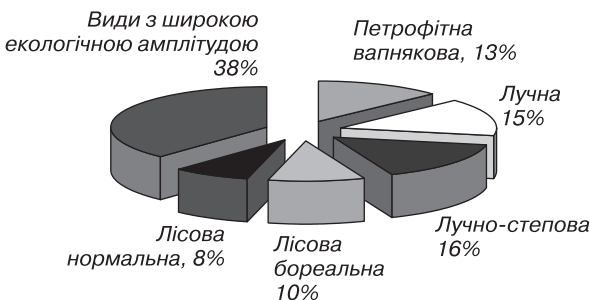


Рис. 2. Належність видів вапнякових відвалів до фітоценотичних груп

2–3 мм завширшки, темно-фіолетові, опушені. Трубочка чашечки коротенька, густо пухнаста, пелюстки ясно-рожеві, довгасто-оберненойцеподібні або довгасто-еліптичні, цілокраї або на верхівці з мілкою виїмкою, 15–16 мм завдовжки, близько 1 мм завширшки; дві нижні — вузчі за решту і відхилені донизу. Стовпчик тонкий, нитчастий, майже рівний, з тичинками, в основі пухнастий, приймочка — 4-роздільна, з відхиленими назовні частками. Довжина коробочки становить 3–7 см, ширина 2–3 мм. У період формування — густо білоповстиста, у стадії стиглості — червонувата. Насінина оберненойцеподібна, у напрямі до основи звужена, червонувата, вкрита бородавочками, опушена довгими, тонкими волосинками на краях. Квітне у липні — серпні [4].

Наукове й практичне значення — декоративна рослина. Статус — регіонально рідкісний вид, включений до Переліку рідкісних видів, що потребують особливої охорони у Хмельницькій обл. [2–4, 13]. Поширення загальне — у Середній (Середземномор'я) і Східній Європі, Малій Азії, на Кавказі; в Україні — у Розточчі і Опіллі, Західному Лісостепі, Закарпатті, Покутті; у Хмельницькій обл. — у Кам'янець-Подільському, Чемеровецькому, Дунаєвецькому районах. Зміни чисельності виду спричинено знищенням екоотопів. Вид охороняється на території НПП «Подільські Товтри». Культивування на території Хмельницької обл. не здійснюється [4].

Онтогенез характеризується повною послідовністю всіх етапів зростання й роз-

витком рослини від діаспори до відмирання особини.

Щодо онтоморфогенетичних станів *C. dodonaei*, проростки з'являються після обнасення наприкінці літа або весною наступного року. Вони мають дві ланцетні сім'ядолі. В ювенільних рослин сім'ядолі відпадають і формуються чотири справжніх лінійно витягнутих листки. У такому стані рослини перебувають близько одного місяця й переходять в імагурний стан. У таких рослин формується кілька пагонів з лінійними листками, що властиво дорослим рослинам; стебла — трав'янисті. Основні риси зрілого організму чітко проявляються у віргінільних особин. У цьому стані рослини перебувають близько 2–3 років. У них формується система підземних пагонів. Наземні пагони є здерев'янілими біля основи. Проявляється життєва форма напівчагарнику. Генеративні особини — молоді, середні й старі. Для них є характерною наявність різної кількості генеративних та стерильних пагонів. Квітки формуються на генеративних пагонах.

Нами була досліджена вікова структура популяції *C. dodonaei* на вапнякових відвалах. Після сходження снігу на відвалах добре вирізняються віргінільні та генеративні особини. У середині травня з'являються весняні проростки та минулорічні імагурні особини. На кожній із досліджуваних ділянок було обчислено кількість особин різних вікових станів. Результати досліджень наведено на рисунку 3.

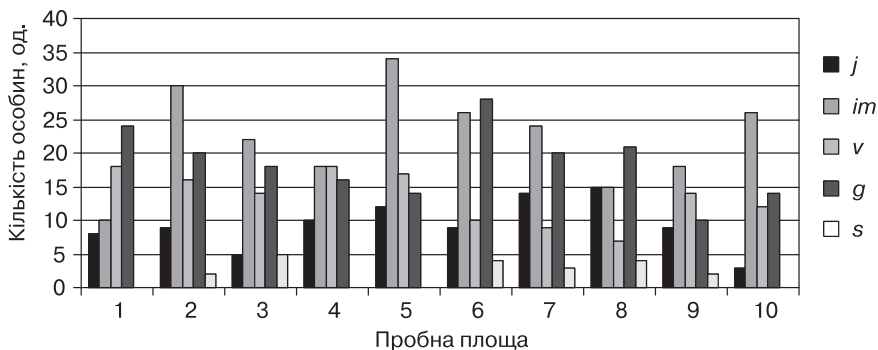


Рис. 3. Розподіл різновікових особин *Chamaerion dodonaei* на пробних ділянках

У популяції переважають ювенільні, іматурні та віргінільні особини. Характер популяції — лівобічного типу. Незначна кількість сенільних особин підтверджує, що популяція сформувалася нещодавно.

ВИСНОВКИ

У природних умовах досліджений вид не виявлено. Тому для біотичного відновлення деградованих ландшафтів регіону необхідно збереження еталонних ділянок з комплексом рідкісних видів рослин. Досліджена популяція *C. dodonaei* є на межі зникнення. Екотоп, на якому поширюється вказаний вид, є техногенним, і за подальшого його промислового використання для видобування вапнякового відсіву може бути зруйнованим. Але існує перспектива збільшення території поширення виду та

зростання чисельності особин у популяції. Для цього потрібно на відвалах створити природоохоронний об'єкт-заказник місцевого значення, незважаючи на техногенний характер екоотопу. Завдяки цьому на частині відвалів розпочнуться процеси їх заростання піонерною флорою зі створенням сприятливих умов для зростання виду. Також на штучно сформованих відвалах з часом може утворитись осередок видів, які виявлено на неподалік розташованих Товтрах і старих відвалах (*Poa pratensis* L., *P. compressa* L., *Lolium perenne* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski, *Achillea millefolium* L., *Cichorium intybus* L., *Tussilago farfara* L., *Taraxacum officinalis* L., *Echium vulgare* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Sedum acre* L.).

ЛІТЕРАТУРА

1. Всеєвропейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття. — К., 1998. — 52 с.
2. Рішення Хмельницької обласної ради від 20 грудня 2006 року № 18-5/2006 «Про Положення та Перелік видів рослин, що підлягають особливій охороні на території Хмельницької області» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://oblrada.km.ua/doc/rish518.rtf>
3. Рішення Хмельницької обласної ради від 17 липня 2012 року № 4-12/2012 «Про внесення змін до рішень обласної ради від 26 вересня 2002 року № 16 та від 20 грудня 2006 року № 18-5/2006» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://km-oblrada.gov.ua/vi-sklikannya/dvanadcyata-sesija-17-07-2012>
4. Любінська Л.Г. Флора Хмельниччини: Навчальний посібник / Л.Г. Любінська, Л.С. Юглічек. — Хмельницький: Поліграфіст, 2017. — 240 с.
5. Геренчук К.І. Природа Хмельницької області / К.І. Геренчук. — Львів: Вища школа, 1980. — 152 с.
6. Денисюк Г.І. Антропогенні ландшафти Правобережної України / Г.І. Денисюк. — Вінниця: Арбат, 1998. — 292 с.
7. Определитель высших растений Украины. — К.: Наукова думка, 1987. — 548 с.
8. Mosyakin S. Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural checklist / S. Mosyakin, M. Fedoronchuk. — К., 1999. — 345 p.
9. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста / Ю.А. Злобин. — Сумы: Университет. книга, 2009. — 263 с.
10. Работнов Т.А. Некоторые вопросы изучения ценологических популяций / Т.А. Работнов // Бюл. МОИП. — Отд.: биология. — 1969. — Т. 74, Вып. 1. — С. 141–149.
11. Ценопопуляции растений: очерки популяционной биологии. — М.: Наука, 1988. — 182 с.
12. Raunkiaer C. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography / C. Raunkiaer. — Oxford: Clarendon Press, 1934. — 632 p.
13. Андрієнко Т.Л. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України / Т.Л. Андрієнко, М.М. Перегрим. — К.: Альтерпрес, 2012. — 148 с.

REFERENCES

1. Vseievropeiska stratehiia zberezhennia biolohichnoho ta landshajtnoho riznomanittia [A pan-European strategy for the conservation of biological and landscape diversity] (1998). Kyiv [in Ukrainian].
2. Rishennia Khmelnytskoi oblasnoi rady vid 20 hrudnia 2006 roku № 18-5/2006 «Pro Polozhennia ta Perelik vydiv roslyn, shcho pidliahaiut osoblyvii okhoroni na terytorii Khmelnytskoi oblasti» [Decision of the Khmelnytsky Regional Council of December 20, 2006 № 18-5 / 2006 «About the Regulations and List of Plants Species to Special Protection in the Territory of Khmelnytsky Region»]. (n.d.). [oblrada.km.ua](http://oblrada.km.ua/doc/rish518.rtf). — Retrieved from <http://oblrada.km.ua/doc/rish518.rtf> [in Ukrainian].
3. Rishennia Khmelnytskoi oblasnoi rady vid 17 lypnia 2012 roku № 4-12/2012 «Pro vnesennia zmin do rishen oblasnoi rady vid 26 veresnia 2002 roku № 16 ta vid 20 hrudnia 2006 roku № 18-5/2006» [Decision of the Khmelnytsky Regional Council of July 17, 2012 No. 4-12 / 2012 «About Amendments to

- the Decisions of the Regional Council of September 26, 2002 No. 16 and December 20, 2006 No. 18-5/2006». (n.d.). *km-oblrada.gov.ua*. Retrieved from <http://km-oblrada.gov.ua/vi-sklikannya/dvanadcyata-sesiya-17-07-2012> [in Ukrainian].
4. Liubinska, L.H. & Yuhlichek, L.S. (2017). *Flora Khmelnychchyny. Navchalnyi posibnyk [Flora of Khmelnytsky region. Tutorial]*. Khmelnytskyi: Polihrafist [in Ukrainian].
 5. Herenchuk, K.I. (1980). *Pryroda Khmelnytskoi oblasti [Nature of Khmelnytsky region]*. Lviv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
 6. Denysyk, H.I. (1998). *Antropohenni landshafty Pravo-berezhnoi Ukrainy [Anthropogenic landscapes of Right-Bank Ukraine]*. Vinnytsia: Arbat [in Ukrainian].
 7. *Opredeylitel vysshnykh rastenyi Ukrainy [The determinant of plants of Ukraine]*. (1987). Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
 8. Mosyakin, S. & Fedorochuk, M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv [in English].
 9. Zlobyn, Yu.A. (2009). *Populiatyonnaia ekolohyia rastenyi: sovremennoe sostoiannya, tochky rosta [Population ecology of plants: current state, development points]*. Sumy: Unyversytet. knyha [in Ukrainian].
 10. Rabotnov, T.A. (1969). Nekotorye voprosy yzucheniya tsenotycheskykh populiatyii [Some questions of the study of coenotic populations]. *Biul. MOIP – MOIP Bulletin*, 74, 1, 141–149 [in Russian].
 11. Tsenopopuliatyivny rastenyi: *Ocherky populiatyivnoy byolohyy [Coenopopulations of plants: Essays on population biology]*. (1988). Moskva: Nauka [in Russian].
 12. Raunkiaer, C. (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford: Clarendon Press [in English].
 13. Andrienko, T.L. & Perehrym, M.M. (2012). *Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisnykh roslyn administratyvnykh terytorii Ukrainy [Official lists of regionally rare plants of the administrative territories of Ukraine]*. Kyiv: Alterpres [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 20.01.2020

УДК 631.95:631.45:632:93

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201270>

ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТІВ ЗОНИ СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА ЕКОЛОГІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ ДЛЯ ВЕДЕННЯ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

А.М. Ліщук, М.В. Драга, І.М. Городиська

Інститут агроекології і природокористування НААН

Згідно з результатами проведеного порівняння областей Степу України за площами сільськогосподарських земель, що сертифіковані як органічні, встановлено, що найбільша частка земельних угідь, відведених під органічне землеробство, становить 102,2 тис. га в Одеській та 75,9 тис. га в Херсонській областях, або 3,93 і 2,95% від площі сільськогосподарських земель відповідно. Проаналізовано сертифіковані органічні господарства зони Степу України, визначено основний напрям їх діяльності та перелік органічної продукції, що виробляється. Виявлено, що органічні господарства зони Степу України вирощують: зернові, бобові, олійні і технічні культури, овочеві і багаторічні культури тощо. За проведеною агроекологічною оцінкою стану ґрунтів зони Степу України (на прикладі Херсонської обл.) встановлено розбалансованість співвідношення в ґрунтах досліджуваного регіону гумусу і поживних речовин (нітрогену, фосфору і калію). Доведено, що баланси гумусу і поживних речовин у зоні Степу можуть слугувати критерієм оцінки екологічної загрози — втрати родючості ґрунту, оскільки свідчать про недостатній рівень забезпеченості ґрунту органічною речовиною і основними елементами живлення. Наведено рекомендації для забезпечення позитивних балансів гумусу та поживних речовин сільськогосподарських угідь досліджуваного регіону для ведення органічного виробництва.

Ключові слова: органічне виробництво, ґрунт, агроекологічна оцінка, Степ, екологічна загроза.

Органічне виробництво в Україні активно розвивається і дедалі більше є пріоритетним напрямом розвитку сільського господарства. За даними Дослідного інституту органічного сільського господарства (FiBL, Швейцарія) та Міжнародної феде-

ритетним напрямом розвитку сільського господарства. За даними Дослідного інституту органічного сільського господарства (FiBL, Швейцарія) та Міжнародної феде-

рації органічного сільськогосподарського руху (IFOAM), Україна посідає 11-е місце в Європі за площею органічних сільгоспугідь. За останні 5 років вони збільшилися на 54%. Однак за обсягом внутрішнього ринку органічних продуктів наша держава лише на 25-у місці в Європі [1].

Для становлення органічного виробництва в Україні важливим є науково обґрунтований підхід до переходу на органічний спосіб землекористування на основі гармонізованих нормативно-правових відносин органічного ринку України і світового ринку [2].

Наразі сільськогосподарські площі, що перебувають у перехідному періоді до органічного землеробства, відносять до зони ризику, оскільки їх сучасне використання не відповідає вимогам органічного землекористування [3, 4]. Окрім того, у землеробстві більшості господарств упродовж доволі тривалого періоду не дотримувалися вимог щодо повернення у ґрунт у повному обсязі поживних речовин, винесених з урожаєм. Як наслідок, прослідковується поступове зниження родючості ґрунтів та їх деградація, що останніми роками набуває особливо небезпечних масштабів і становить екологічну загрозу втрати родючості ґрунтів [5].

Оцінювання агроекологічного стану ґрунтів Степу України для ведення органічного виробництва надасть можливість забезпечення сталого розвитку останнього та екологічної безпеки землекористування завдяки запобіганню екологічній загрози втрати родючості ґрунтів, їх деградації, дегуміфікації, а також недопущенню зниження біорізноманіття та біологічної активності ґрунту, що опосередковано обумовлено перехідним періодом від традиційного до органічного землеробства і відповідними змінами агротехнологій та способу господарювання.

Метою роботи є оцінка агроекологічного стану ґрунтів Степу України для ведення органічного виробництва.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методологічною основою досліджень є наукові методи теоретичного досліджен-

ня, аналіз та інтерпретація даних, системний підхід до використання результатів агрохімічної паспортизації ґрунтів земель сільськогосподарського призначення, представлених у наукових дослідженнях з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» та у «Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні» Міністерства енергетики та захисту довкілля України [6, 7].

Дослідження передбачають розроблення наукових підходів до удосконалення агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур під час переходу від традиційного до органічного виробництва в умовах Степу України. Використані методи досліджень дають можливість теоретично обґрунтувати науково-методичні основи переходу на органічне виробництво аграрних господарств, розташованих у вказаному регіоні.

Дослідження проводили на основі використання методичних підходів, що використовуються у міжнародній практиці, зокрема базових стандартів IFOAM та системи стандартів, вимог щодо виробництва продуктів харчування Комісії Кодекс Аліментаріус та ФАО/ВОЗ, постанови Ради ЄЕС № 2092/91 і національних вимог щодо органічного виробництва та переробки сільськогосподарської продукції, Закону України № 2496-VIII від 02.08.2019 р. «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для визначення агроекологічного стану ґрунтів зони Степу України та їх відповідності вирощуванню органічної рослинної продукції в період переходу від традиційного до органічного виробництва проаналізовано сертифіковані органічні господарства регіону, основний напрям діяльності та перелік органічної продукції цих господарств, встановлено основні агрохімічні показники ґрунтів зони Степу та баланси в них гумусу і поживних речовин.

Проведено порівняння областей зони Степу України за площами сільськогосподарських земель, що станом на 31.12.2016 р. сертифіковано як органічні, та визначено їх частку відносно розораності земельного фонду вказаного регіону (таблиця).

Згідно з результатами моніторингу основних показників органічного сільськогосподарства, наведених у матеріалах досліджень [7], у зоні Степу України у 2016 р. лідерами за площею сертифікованих сільськогосподарських угідь, що забезпечують вироблення органічної продукції, були: Одеська (88,9 тис. га), Херсонська (46,1) та Дніпропетровська (37,7 тис. га) області. Станом на 01.01.2018 р. ці площі становили в Одеській обл. – 102,2 тис. га, в Херсонській – 75,9 та в Дніпропетровській обл. – 42,3 тис. га [4].

За нашими розрахунками найбільша частка земель, що мають статус органічних, налічується: у Одеській – 3,93% від площі сільськогосподарських угідь, Херсонській – 2,95 та Дніпропетровській – 1,56% областях. За кількістю сертифікованих органічних господарств зони Степу України переважали Одеська (38), Херсонська (38) і Харківська (29) області, дещо менше сер-

тифікованих органічних господарств налічується у Дніпропетровській (23), Миколаївській (13) та Запорізькій (12) областях. Сертифіковані органічні господарства цієї зони експортують продукцію до «органічних ринків» країн Європейського Союзу, США і Канади [4, 5].

Проаналізовано сертифіковані органічні господарства зони Степу України за пріоритетним переліком найменувань виробленої органічної продукції. Наголошено, що основний напрям діяльності цих господарств зосереджено на вирощуванні органічної продукції, як-от: зернові (крім рису), бобові, олійні і технічні культури (гречка, горох, ріпак, пшениця озима, ячмінь озимий, кукурудза, соя, ріпак озимий, соняшник), а також на вирощуванні овочевих і баштанних культур, дещо рідше – волокнистих прядильних культур, спецій, ароматичних, фармацевтичних культур, цукрової тростини, тютюну, ягід, горіхів та інших плодівих дерев і чагарників.

Для подальших досліджень агроекологічного стану ґрунтів Степу України та оцінки їх відповідності вирощуванню органічної рослинної продукції в період переходу від традиційного до органічного

Таблиця

Площі сільськогосподарських угідь зони Степу, сертифікованих для органічного виробництва

Область	Загальна площа, тис. га [7]	Сільськогосподарські угіддя [7]		Землі, що мають статус органічних	
		тис. га	частка від загальної площі, %	тис. га	частка від площі с.-г. угідь, %
Одеська	3331,4	2598,5	78,0	102,24	3,93
Херсонська	2846,1	2570,0	90,3	75,87	2,95
Дніпропетровська	3192,3	2703,9	84,7	42,29	1,56
Кіровоградська	2458,8	2134,2	86,8	19,18	0,89
Запорізька	2718,3	2307,8	84,9	3,91	0,17
Миколаївська	2458,5	2082,3	84,7	3,45	0,17
Харківська	3141,8	2519,7	80,2	2,39	0,09
Всього у зоні Степу (за винятком Луганської і Донецької областей)	28075,3	22690,7	80,8	250,06	1,39

землеробства обрано Херсонську обл. як найбільш репрезентативну для вказаної зони. Херсонська обл. як за нашими попередніми оцінками, так і за даними Органічної карти України, розробленої в 2017 р. Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільськогосподарства України в рамках українсько-швейцарського проекту «Розвиток українського ринку в Україні» за підтримки FiBL (Швейцарія), є однією з найпридатніших для ведення органічного виробництва. Також важливим чинником вибору саме Херсонської обл. як репрезентативної були такі характеристики: родючість земель і найменша їх забрудненість порівняно з іншими областями Південного регіону. Саме тому сільськогосподарські угіддя Херсонської обл. є найпридатнішими для вирощування органічної продукції навіть в умовах дефіциту вологи. Окрім того, в системі органічного землеробства степової зони України широко використовуються елементи біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур. Такі технології передбачають застосування біопрепаратів для живлення посівів, їх захисту від шкочинних організмів та активізації ростових процесів рослин, що надає змогу вирощувати екологічно безпечну рослинницьку продукцію.

Агроекологічне оцінювання стану ґрунту в період переходу від традиційного до органічного виробництва в умовах Степу України здійснювали за використання показників балансів гумусу і поживних речовин як критеріїв оцінки екологічної загрози втрати родючості ґрунту, що викладені у низці праць провідних вчених Інституту агроекології і природокористування НААН [8–11].

Загальновідомо, що найважливішою властивістю ґрунту є його родючість, яка може погіршуватися чи покращуватися завдяки використанню різних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур. Наразі внаслідок стихійного та швидкого переходу від традиційного до інших способів господарювання порушуються основні принципи застосування відповідних агротехнологій. До того ж значно

погіршуються фізико-хімічні властивості ґрунту, знижується його родючість, унаслідок чого зменшується продуктивність агроєкосистеми та знижується якість продукції.

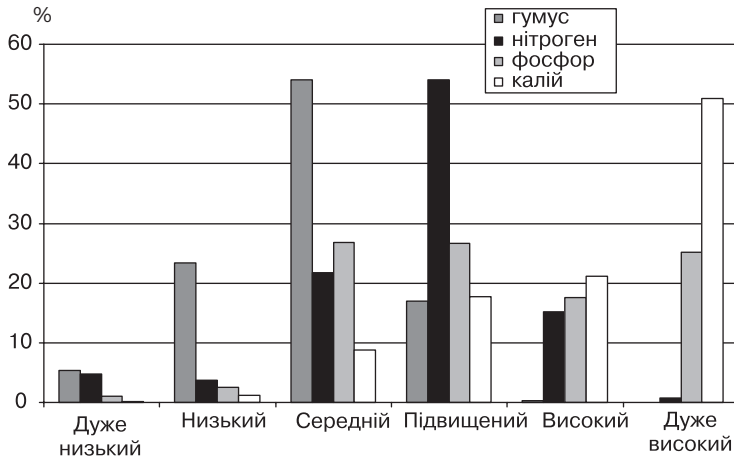
Зміна форми господарювання сільськогосподарського виробництва та перехід від традиційного до органічного землеробства впливає, насамперед, на родючість ґрунтів, урожайність і якість продукції сільськогосподарських культур [12].

Баланс гумусу та поживних речовин як критерій оцінки екологічної загрози втрати родючості ґрунту. Моніторинг надходження і витрат поживних речовин у сільськогосподарських угіддях надає змогу контролювати їх колообіг. Баланс гумусу і поживних речовин у ґрунті є науково-теоретичною основою для встановлення критерію оцінки екологічної загрози втрати родючості ґрунту та визначення оптимальної та раціональної системи удобрення культур у сівозмінах. Проведення розрахунків балансу гумусу та поживних елементів є одним із найдоступніших шляхів визначення впливу елементів агротехнологій та загальної системи землеробства на потенційні можливості ґрунту [13]. Перед тим як аналізувати баланси гумусу та поживних елементів ґрунту, необхідно вивчити рівень його забезпеченості цими речовинами.

За результатами відповідних досліджень [6, 7] проаналізовано рівень забезпеченості ґрунтів Херсонської обл. гумусом та поживними речовинами (рисунк).

Так, площі ґрунтів з дуже низьким вмістом органічної речовини становлять 5,4%, низьким – 23,4, середнім – 54,0, підвищеним – 16,9 та високим вмістом – 0,3% території області. Загалом, середньозважений вміст гумусу в ґрунтах області становить 2,45%.

Зауважимо, що за вмістом гідролізованого нітрогену землі сільськогосподарського призначення Херсонської обл. слід розподілити за таким ранжируванням рядом: дуже низькозабезпечені ґрунти – 4,7%, низькозабезпечені – 3,7, середньозабезпечені – 21,7, з підвищеним вмістом – 54,1, з високим – 15,2, з дуже високим – 0,7%



Рівень забезпеченості ґрунтів Херсонської обл. гумусом та поживними речовинами у 2011–2015 рр. (складено авторами за використання відповідної статистики [6, 7])

обстеженої території. За рівнем забезпеченості рухомими сполуками фосфору структурний розподіл ґрунтів області є таким: площі з дуже низьким умістом елемента становлять 1,0% обстеженої території області, з низьким – 2,6, середнім – 26,8, підвищеним – 26,7, високим – 17,6, дуже високим – 25,2%; за рівнем забезпеченості рухомими сполуками калію: з дуже низьким рівнем – 0,2%, низьким – 1,2, середнім – 8,8, підвищеним – 17,7, високим – 21,2, дуже високим – 50,9% обстежених площ ґрунтів.

Розрахунки балансу гумусу (органічного вуглецю) ґрунтів Херсонської обл., що характеризувався негативними величинами, засвідчили доволі істотні втрати органічної речовини. Загалом, дефіцит органічної речовини в області становив 0,54 т/га, або 442,48 тис. т.

Аналіз показників балансу поживних речовин засвідчує незадовільний рівень забезпеченості ґрунту основними елементами живлення та незбалансованість їх співвідношення. Балансові показники поживних речовин за всіма групами сільськогосподарських культур мають негативні значення, що свідчить про інтенсивніше їх використання порівняно з надходженням. Загалом, у Херсонській обл. нестача головних елементів живлення для основних груп

сільськогосподарських культур становить 126,4 кг/га (103,9 тис. т) поживних речовин, із яких 41,74 кг припадає на нітроген, а 42,67 і 41,99 кг/га – на фосфор та калій відповідно.

Отже, показники балансів гумусу і поживних речовин можуть бути критеріями оцінки екологічної загрози втрати родючості ґрунту, що характеризують рівень забезпеченості його органічною речовиною і основними елементами живлення (нітрогеном, фосфором і калієм) та збалансованість їх співвідношення. Балансові показники земель сільськогосподарського призначення Херсонської обл. за всіма групами сільськогосподарських культур мають негативні значення, що свідчить про інтенсивніше використання гумусу і поживних речовин порівняно із можливістю їх поповнення під час землекористування.

Для забезпечення позитивного балансу гумусу та поживних речовин (нітрогену, фосфору та калію) в умовах перехідного періоду від традиційного до органічного виробництва рекомендовано використовувати агротехнології з унесенням побічної продукції рослинництва та посівом сидеральних культур, що базуються на розрахунках балансу необхідних елементів у сівозмінах, а також використовувати біопрепарати для живлення посівів, їх захис-

ту від хвороб та шкочинних організмів, екологічно безпечні стимулятори росту рослин. Такі технології, незважаючи на підвищення капіталовкладень та собівартості отриманої продукції, в майбутньому сприятимуть підвищенню родючості ґрунту і отриманню високоякісного врожаю та органічної екологічно безпечної сільськогосподарської продукції.

ВИСНОВКИ

У зоні Степу України критерієм оцінювання екологічної загрози втрати родючості ґрунту є баланси гумусу і поживних речовин, що свідчить про незадовільний рівень забезпеченості ґрунту органічною речовиною та основними елементами живлення (нітрогеном, фосфором і калі-

єм) і про незбалансованість їх співвідношення на відповідність критеріям ОЕСР (Організації економічного співробітництва та розвитку). Ґрунти степової зони характеризуються дефіцитом органічної речовини, що становить 0,54 т/га (або 442,48 тис. т) гумусу та 126,40 т/га (103,90 тис. т) поживних речовин, із них 41,74 кг/га — нітрогену, 42,67 — фосфору і 41,99 кг/га — калію (на прикладі Херсонської обл.). Для досягнення збалансованого розвитку і екологічного зростання сільського господарства необхідно вести збалансоване землекористування, ефективність якого слід оцінювати за розрахунками балансу гумусу та поживних речовин як екологічних критеріїв оцінювання загрози втрати його родючості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Органік в Україні [Електронний ресурс] / Федерация органічного руху України. — Режим доступу: <http://organic.com.ua/>
2. Оптимізація сільського господарства Степу України: теорія і практика / Під ред. О. Деркача, Г. Коломієць, Я. Мовчана. — Миколаїв: Регіональна чорноморська мережа громадських організацій, 2012. — 88 с.
3. Світ органічного сільського господарства: статистика та тенденції 2013 року [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://orgprints.org/25188/7/FiBL_IFOAM_World_of_Organic_Agriculture_2013_UA_final.pdf
4. *Горобченко О.А.* Сучасний розвиток органічного сектора в Україні / О.А. Горобченко // Органічне виробництво і продовольча безпека: [зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.-практ. конф.]. — Житомир: О.О. Євенок, 2016. — С. 426–430.
5. *Беляєва Н.В.* Сучасний стан виробництва органічної продукції в Україні та світі / Н.В. Беляєва // Інноваційна економіка. — 2013. — № 1(39). — С. 151–155.
6. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України: за результатами X туру (2011–2015 рр.) / За ред. І.П. Яцука. — К., 2017. — 66 с.
7. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. — К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінв Д.С., 2017. — 308 с.
8. *Яцук І.П.* Національні та регіональні індикатори «зеленого зростання» сільського господарства / І.П. Яцук, Л.І. Моклячук, А.М. Ліщук // Агро-екологічний журнал. — 2017. — № 3. — С. 7–17.
9. Оцінювання екологічного стану ґрунтів земель сільськогосподарського призначення / Л.І. Моклячук, І.П. Яцук, А.М. Ліщук, І.М. Городиська // Вісник аграрної науки. — 2017. — № 1. — С. 52–56.
10. *Яцук І.П.* Екологічні індикатори зеленого зростання сільського господарства: монографія / І.П. Яцук, Л.І. Моклячук. — К.: ДІА, 2018. — 443 с.
11. Інноваційний розвиток сільського господарства за використання індикаторів «зеленого зростання» / І.П. Яцук, Л.І. Моклячук, А.М. Ліщук, С.А. Романова // Агро-екологічний журнал. — 2019. — № 2. — С. 6–16.
12. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні: Монографія / За ред. М.К. Шикуди. — К., 2000. — 389 с.
13. *Дутчин М.М.* Ґрунтознавство з основами меліорації: Конспект лекцій / М.М. Дутчин, Є.Ю. Ільків, І.В. Біда. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. — 268 с.

REFERENCES

1. Orhanik v Ukraini / Federatsiia orhanichnoho rukhu Ukrainy [Organic in Ukraine / Federation of Organic Movement of Ukraine]. organic.com.ua. Retrieved from <http://organic.com.ua/> [in Ukrainian].
2. Derkach, O., Kolomiets, H. & Movchan, Ya. (Eds.). (2012). *Optimizatsiia silskoho hospodarstva Stepu Ukrainy: teoriia i praktyka [Optimization of agriculture of the Steppe of Ukraine: theory and practice]*. Mykolayiv: Rehionalna chornomor-

- ska mrezhha hromadskykh orhanizatsii [in Ukrainian].
3. Svit orhanichnogo silskoho hospodarstva: statystyka ta tendentsii 2013 roku [Organic Agriculture World: Statistics and Trends 2013]. *orgprints.org*. Retrieved from http://orgprints.org/25188/7/FiBL_IFOAM_World_of_Organic_Agriculture_2013_UA_final.pdf [in Ukrainian].
 4. Horobchenko, O.A. (2016). Suchasnyi rozvytok orhanichnogo sektora v Ukraini [Modern development of the organic sector in Ukraine]. Organic production and food security '16: *IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia – Scientific and Practical Conference*. (pp. 426–430). Zhytomyr: Yevenok, O.O. [in Ukrainian].
 5. Bieliaieva, N.V. (2013). Suchasnyi stan vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini ta sviti [The current state of organic production in Ukraine and the world]. *Innovatsiina ekonomika – Innovative Economics*, 1(39), 151–155 [in Ukrainian].
 6. Yatsuk, I.P. (Ed.). (2017). *Naukovi doslidzhennia z monitorynhu ta obstezhennia silskohospodarskykh uhid Ukrainy: za rezultatamy X turu (2011–2015) [Scientific research on monitoring and survey of agricultural lands in Ukraine: on the results of the 10 round (2011–2015)]*. Kyiv [in Ukrainian].
 7. *Natsionalna dopovid pro stan navkolysmoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2015 rotsi [National report on the state of the environment in Ukraine in 2015] (2017)*. Kyiv: Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy, FOP Hrin, D.S. [in Ukrainian].
 8. Yatsuk, I.P., Moklyachuk, L.I., & Lishchuk, A.M. (2017). Natsionalni ta rehionalni indykatory «zelenoho zrostannia» silskoho hospodarstva [National and regional indicators of «green growth» in agriculture]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 7–17 [in Ukrainian].
 9. Moklyachuk, L.I., Yatsuk, I.P., Lishchuk, A.M., & Horodyska, I.M. (2017). Otsiniuvannia ekolohichnogo stanu gruntiv zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Assessment of the ecological status of agricultural soils]. *Visnyk ahroanoi nauky – Bulletin of agrarian science*, 1, 52–56 [in Ukrainian].
 10. Yatsuk, I.P., Moklyachuk, L.I. (2018). *Ekolohichni indykatory zelenoho zrostannia silskoho hospodarstva: monohrafiia [Environmental indicators of green growth of agriculture: Monograph]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
 11. Yatsuk, I.P., Moklyachuk, L.I., Lishchuk, A.M. & Romanova, S.A. (2019). Innovatsiynny rozvytok sil'skoho hospodarstva za vykorystannya indykatytoriv «zelenoho zrostannia» [Innovative agricultural development through the use of Green growth Indicators]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 6–16 [in Ukrainian].
 12. Shykula, M.K. (Ed.). (2000). *Gruntozakhysna biolohichna systema zemlerobstva v Ukraini: Monohrafiia [Soil biological system of agriculture in Ukraine: Monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
 13. Dutchyn, M.M., Ilkiv, Ye.Yu., & Bida, I.V. (2010). *Gruntoznastvo z osnovamy melioratsii: Konspekt leksii [Soil science with the basics of land reclamation: Lecture notes]*. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 14.01.2020

ЗНАЧЕННЯ ЛІЗИМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ЕКОЛОГО-АГРОХІМІЧНІЙ ОЦІНЦІ АГРАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О.М. Бердников¹, В.В. Волкогон¹, М.М. Мірошніченко²,
О.І. Гриник³, Л.В. Потапенко¹

¹ Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

² ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» НААН

³ Інститут агроєкології і природокористування НААН

Встановлено, що втрати ґрунтом лабільних сполук азоту, кальцію і магнію у вигляді їх окислів можуть змінюватися залежно від типу рослинності у кілька разів. Так, за вирощування пшениці озимої втрати азоту в середньому становлять 25 кг/га, кукурудзи — 77,5 кг/га; за органічної системи удобрення втрати кальцію за вирощування пшениці озимої варіюють у межах 44 кг/га, кукурудзи — 101 кг/га. Зменшити втрати поживних речовин з ґрунту можна за вирощування у сівозміні проміжних сидеральних культур, які, розвиваючись, використовують мінеральні сполуки для конструктивного метаболізму. Після весняно-літньої мінералізації сидеральної біомаси поживні речовини надходять для засвоєння наступною у сівозміні сільськогосподарською культурою. Висвітлено, що втрати сполук біогенних елементів різко зростають за внесення кальцієвмісних матеріалів у дозі, розрахованій за повною гідролітичною кислотністю. Доведено, що максимально ефективним і ресурсозбережним як за разового (один раз у 5 років), так і за періодичного використання меліорантів (через рік) є застосування дози кальцію із розрахунку 1/4 г.к. У цьому разі зменшується вимивання сполук кальцію, азоту та інших елементів, зростає ефективність передпосівної бактеризації. Результати лізиметричних досліджень доцільно розглядати як інструмент, що надає змогу простежити міграцію вологи, гумусових речовин і сполук біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту залежно від кількості опадів і систем удобрення, а також визначати шляхи регулювання цих процесів, що важливо для оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Ключові слова: лізиметри, промивні води, системи удобрення, хімічна меліорація, аграрні технології, дерново-підзолистий ґрунт, сидерати, мікробні препарати.

Не викликає сумніву, що сучасні системи землеробства в зоні Полісся повинні базуватися на використанні енерго- і ресурсозбережних технологій, спрямованих на охорону і відтворення родючості ґрунту, досягнення стійкого виробництва, створення екологічно безпечних агроєкосистем. Це цілком можливо завдяки оптимізації основних ланок землеробства: сівозміні, меліорації ґрунтів, оптимальної системи удобрення, використання біологічних засобів [1].

Інтенсивні технології, як відомо, призводять до надмірної мінералізації гумусу,

втрат вологи і біогенних елементів, підсилюють процеси ерозії, у т.ч. й внутрішньогрунтової, тобто за цих умов ґрунтовий покрив деградує. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва на цьому фоні не забезпечила належної віддачі продуктивності ріллі, стала вкрай затратною і нестійкою, призвела до погіршення екологічного стану агроценозів [2]. З огляду на це, основою сучасного наукового підходу як необхідною умовою успішного розвитку землеробства має бути системний зональний метод. Його важливою складовою, що дає змогу з високою вірогідністю прослідкувати за процесами міграції ґрунтового розчину, а отже й біогенних елементів

(а також їх невиробничих втрат), слід вважати лізіметричний метод [3].

Лізіметричні дослідження є важливими для наукового обґрунтування сівозмін у землеробстві, а також їх оптимальної структури, оскільки надають змогу з'ясувати вплив типу рослинності на ступені міграції вологи і біогенних елементів у системі «ґрунт – рослина». Впровадження екологічно доцільних сівозмін є особливо актуальним для зони Полісся, ґрунти якої характеризуються переважно промивним типом водного режиму. Донедавна сівозміни поліської зони України були 7–10-пільними з відносно широким набором культур, призначених для покриття потреб як у товарному зерні і картоплі, так і кормів для тваринництва; останнє своєю чергою забезпечувало сівозміну органічним добривом – гноєм у обсязі 10–12 т/га, що гарантувало стабільність землеробства і розширене відтворення родючості типових для Полісся дерново-підзолистих ґрунтів. Нині через різке скорочення поголів'я великої рогатої худоби у зоні Полісся вноситься на поля 1–3 т/га органічних добрив, що призводить до різкого зниження водоутримувальної здатності ґрунтів і зниження їх родючості.

За результатами багаторічних досліджень М.А. Бобрицька [5] дійшла висновку, що дерново-підзолисті супіщані ґрунти потребують захисту від внутрішньогрунтового стоку, зокрема, необхідно враховувати втрати ними біогенних елементів унаслідок інфільтрації атмосферних опадів. Аналогічні висновки прослідковуються в роботах М.З. Мілащенко [4] і Г.А. Мазура [6].

Отже, науково обґрунтоване уявлення щодо процесів колообігу і балансу поживних речовин у системі «ґрунт – рослина» є основою для розробки агротехнічних прийомів, спрямованих на підвищення використання вологи, збільшення коефіцієнтів засвоєння культурними рослинами біогенних елементів ґрунту і добрив. Це питання є актуальним як для традиційного, так і альтернативного землеробства.

Метою наших досліджень було визначення моделей зональних технологій, здат-

них обмежити невиробничі втрати сполук біогенних елементів і підвищити ступінь їх використання культурними рослинами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в стаціонарній лізіметричній установці Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, яка має 48 секцій-лізіметрів, розмішених двома паралельними рядами з 24 лізіметрами в кожному. Під ними встановлено посудини для збирання фільтрату.

Лізіметри – бетонні конструкції, насипного типу. Заповнення їх ґрунтом здійснювали, починаючи з материнської породи, з урахуванням потужності кожного генетичного горизонту ґрунту в природному стані. Ґрунт – дерново-підзолистий супіщаний, типовий для Лівобережного Полісся. Шар ґрунту однієї чарунки – 155 см, маса – 10,5 т. Посівна площа лізіметричної чарунки – 3,8 м², повторність – триразова.

Агрохімічна характеристика орного шару (0–23 см): уміст гумусу (за Тюрнімом) – 1,1%, рН_{сол.} – 5,0, гідролітична кислотність (за Капшеном) – 2,5 мг-екв/100 г, уміст Р₂О₅ (за Кірсановим) – 170,0 та К₂О (за Масловою) – 62,0 мг/кг ґрунту.

Фільтрати аналізували за методикою Е.Ф. Аринушкіної [7]. Відповідно, вміст біогенних елементів у лізіметричних водах визначали: NO₃ – дисульфифеноловим методом, Р₂О₅ – методом Кірсанова за використання фотоелектрокалориметра, К₂О – методом полум'яної фотометрії, Са і Mg – трилонометричним методом.

Погодні умови за роки проведення досліджень мали певні відмінності: за середньобагаторічної норми 557 мм опадів їх кількість становила 365–537 мм, або 66–96%. Зокрема, 2011 та 2012 рр. слід відзначити як роки з недостатнім зволоженням. Водночас період вегетації картоплі у 2011 та 2012 рр., навпаки, характеризувався близьким до середньобагаторічних показників ступенем зволоження – кількість опадів становила 88–92% від норми. У 2010 та 2013 рр. ці показники були у межах 74–72% від норми.

У досліді № 1 вивчали вплив типу рослинності на втрати вологи і сполук біогенних елементів за беззмінного вирощування сільськогосподарських культур на тлі різних систем удобрення: без добрив; органо-мінеральної № 1 (NPK + гній), органічної (гній) і органо-мінеральної № 2 (NPK + сидерат), (табл. 1–3).

У досліді № 2 визначали втрати поживних речовин з лізіметричними водами за вирощування сільськогосподарських культур у двох короткоротаційних сівозмінах: «пшениця озима – картопля – пшениця яра – люпин вузьколистий» та «пшениця озима – картопля – пшениця яра – конюшина». Паралельно, в умовах польового досліді, за дотримання вказаних сівозмін визначали їх продуктивність. Система удобрення в обох сівозмінах: гній (10 т/га сівозмінної площі) + N₆₀P₅₈K₆₅ (середньо-сівозмінне) + проміжний люпиновий сидерат після вирощування пшениці озимої.

У досліді № 3 за беззмінного вирощування кукурудзи вивчали ефективність хімічної меліорації на тлі внесення дефекації. Крім того, схема досліді передбачала

також застосування мікробного препарату Біогран. Цей препарат характеризується комплексною удобрювальною дією, виготовляється на основі азотфіксувальної бактерії *Azospirillum brasilense* 410, клітини якої іммобілізовані в гранулах біогумусу, отриманого за технологією, що передбачає підвищений синтез фізіологічно активних речовин [8].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вплив типу рослинності на втрати вологи та поживних речовин. Міграція сполук біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту визначається як кількістю вологи, що надійшла до приймачів, так і їх концентрацією в розчині. У середньому за восьмирічний період (2006–2013) за беззмінного вирощування культур втрачалася різна її кількість, що залежало від типу рослинності та систем удобрення (табл. 1). Так, під пшеницею озимою за беззмінного вирощування в середньому за 8 років втрати вологи становили 61 мм, або 11% від середньобагаторічної норми опадів (550 мм). Під ярими культурами кількість втраченої

Таблиця 1

Втрати вологи під сільськогосподарськими культурами за їх беззмінного вирощування, мм

Тип рослинності (культура)	Системи удобрення							
	без добрив		органомінеральна № 1 (7,5 т гною + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)		органічна (10 т/га гною)		органомінеральна № 2 (сидерат + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)	
	мм	%*	мм	%*	мм	%	мм	%
Пшениця озима	61	–	79	–	85	–	66	–
Овес	73	120	85	108	89	105	78	118
Картопля	95	156	123	156	156	184	102	155
Кукурудза	102	167	119	151	161	189	106	161
Люпин	80	131	88	111	93	109	80	121
Багаторічні трави (конюшина)	46	75	54	68	60	71	–	–
Переліг	38	–	–	–	–	–	–	–
Пар чистий	156	–	–	–	–	–	–	–

Примітка: %* – втрати порівняно з показниками варіанта з пшеницею озимою.

вологи ґрунтом була більшою за відповідні показники варіанта з пшеницею озимою на 1,2–1,3%, а у варіанті з багаторічними травами цей показник зменшувався – до 46 мм за 1 рік (8% до суми опадів), що є нижчим порівняно із втратами під пшеницею на 25%. Щодо просапних культур – кукурудзи і картоплі, то порівняно з варіантом, де вирощували пшеницю, втрати вологи були більшими в 1,6–1,7 раза (102–95 мм, або 17–19% кількості опадів). Під чистим паром інфільтрація становила 28% до річної кількості опадів. Під перелогом втрачалось 38 мм, або 7% від суми опадів за 1 рік.

За впливом на кількість втрат вологи досліджені типи рослинності можна розмістити в такій послідовності: багаторічні трави < озимі колосові < ярі колосові < зернобобові < просапні < пар чистий.

Розрахунки, що базуються на отриманих результатах, засвідчили необхідність дотримання певних правил для ефективного використання вологи в сівозмінах: питома частка просапних культур повинна бути

еквівалентною питомій частці трав; площі під чистим паром утримувати недоцільно; за вирощування зернових колосових перевагу слід надавати озимим культурам.

У досліді, залежно від агрофону, рослини відрізнялися за розвитком як наземної частини, так і кореневої системи, що визначало втрати вологи. Найменшими вони були на фоні вирощування без добрив та за органо-мінеральної системи удобрення № 2; найбільшими – за органічної та органо-мінеральної системи № 1 (табл. 1).

Втрати сполук біогенних елементів визначаються не лише кількістю профільтрованої вологи, але й концентрацією їх у лізиметричному розчині (табл. 2). Як правило, найвища концентрація біогенних елементів спостерігалася за умови незайнятості ґрунту рослинністю – під чистим паром, найнижча – під багаторічними травами.

За внесення різних видів добрив та їх поєднань концентрація в розчині нітратів, CaO та MgO істотно зростала і сягала максимальних значень за внесення гною.

Таблиця 2

Концентрація сполук біогенних елементів у розчині залежно від типу рослинності та систем удобрення, мг/дм³

Тип рослинності (культура)	Системи удобрення											
	без добрив			органо-мінеральна № 1 (7,5 т гною + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)			органічна (10 т/га гною)			органо-мінеральна № 2 (сидерат + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)		
	NO ₃	CaO	MgO	NO ₃	CaO	MgO	NO ₃	CaO	MgO	NO ₃	CaO	MgO
Пшениця озима	41	31	20	58	40	25	66	52	40	44	35	22
Овес	46	40	22	58	46	26	70	60	42	39	39	19
Картопля	75	61	20	92	69	30	114	82	32	70	64	21
Кукурудза	76	60	22	90	59	28	118	63	24	80	56	23
Люпин	50	40	18	64	42	24	70	46	24	54	36	14
Багаторічні трави (конюшина)	28	22	18	34	30	22	36	32	24	–	–	–
Переліг	24	16	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пар чистий	172	85	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 3

Втрати сполук біогенних елементів під сільськогосподарськими культурами

Тип рослинності (культура)	NO ₃		CaO		MgO		NO ₃		CaO		MgO	
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
	<i>Без добрив</i>						<i>Органо-мінеральна система удобрення № 1 (7,5 т гною + N₄₅P₄₅P₆₀)</i>					
Пшениця озима	25,0	100	18,9	100	12,2	100	45,8	100	31,6	100	19,8	100
Овес	33,6	134	29,2	154	16,1	132	49,3	108	39,1	124	22,1	112
Картопля	40,0	160	32,0	169	14,4	118	56,3	123	37,0	117	21,1	107
Кукурудза	71,3	285	58,0	307	19,0	156	113,2	247	84,9	269	36,9	186
Люпин	77,5	310	61,2	324	22,4	184	107,1	234	70,2	222	33,3	168
Багаторічні трави (коношина)	12,9	52	10,1	53	8,3	68	18,4	40	16,2	51	11,9	60
Переліг	12,9	52	6,1	32	6,8	56	-	-	-	-	-	-
Пар чистий	112,3	449	132,6	702	40,7	337	-	-	-	-	-	-
	<i>Органічна система удобрення (10 т/га гною)</i>						<i>Органо-мінеральна система удобрення № 2 (сидерат + N₄₅P₄₅P₆₀)</i>					
Пшениця озима	56,1	100	44,2	100	34,0	100	29,0	100	23,1	100	14,5	100
Овес	62,3	111	53,4	121	37,4	109	30,4	105	30,4	132	14,8	102
Картопля	65,1	116	42,8	97	22,3	66	43,2	149	28,8	125	11,2	77
Кукурудза	177,8	317	127,9	289	49,9	147	71,4	246	65,3	283	21,4	148
Люпин	190,0	339	101,4	229	38,6	114	84,8	292	59,4	257	24,4	168
Багаторічні трави (коношина)	21,6	39	19,2	43	14,4	42	-	-	-	-	-	-
Переліг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пар чистий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

За результатами досліджень встановлено (табл. 3): втрати лабільних сполук азоту, кальцію і магнію у вигляді їх окислів можуть змінюватися залежно від типу рослинності у кілька разів. Так, наприклад, під пшеницею озимою втрати азоту становили 25 кг/га, під кукурудзою — 77,5 кг/га; за органічної системи удобрення втрати кальцію під пшеницею озимою були в межах 44 кг/га, під кукурудзою — 101 кг/га.

Найбільші втрати сполук біогенних елементів спостерігалися за органічної системи удобрення № 1, дещо менші — за традиційної і органо-мінеральної № 2 систем удобрення.

Слід зауважити, що частково зменшити втрати поживних речовин з ґрунту можна за вирощування у сівозміні проміжних сидеральних культур, які, розвиваючись, використовують мінеральні сполуки для конструктивного метаболізму, а після весняно-літньої мінералізації біомаси повертають їх для засвоєння наступною у сівозміні сільськогосподарською культурою [9]. Отже, у процесі обґрунтування раціональних сівозмін та розробки систем удобрення сільськогосподарських культур необхідно передбачати вирощування проміжних сидеральних культур.

Продуктивність сівозмін та втрати поживних речовин за різних сівозмін. У лізиметричному досліді № 2 та в польових умовах впродовж 2006–2012 рр. досліджували особливості міграції біогенних елементів і продуктивність культур у сівозмінах з багаторічними травами і вузьколистим люпином.

Продуктивність сівозміни «пшениця озима — картопля — пшениця яра — люпин вузьколистий» становила 56,0 кормових одиниць (к.од.) з 1 га; втрати NO_3 — 111,3 кг/га, СаО — 146, MgO — 32 кг/га, тоді як показники сівозміни «пшениця озима — картопля — пшениця яра — конюшина» — 72,6, або вище в 1,3 раза; втрати — 81,0, 91,2 і 16,2 кг/га відповідно. Отже, у чотирипільній вузькоспеціалізованій сівозміні переваги конюшини порівняно з люпином вузьколистим є беззаперечними.

Так, на закономірності вертикальної міграції вологи у ґрунтах за промивного

типу водного режиму, що спостерігається в Поліссі, необхідно зважати під час розміщення культур у сівозмінах.

Слід також пам'ятати, що чистий пар і просапні культури зумовлюють найбільші втрати вологи і біогенних елементів унаслідок інфільтрації, а багаторічні трави й озимі колосові — мінімальні. Тому частка чистого пару в умовах Полісся повинна бути зведеною до мінімуму, а питома частка просапних культур у сівозміні не повинна перевищувати частку багаторічних трав.

Так, короткоротаційна сівозіна, яка забезпечує стійку продуктивність понад 7 т/га к.од., повинна включати одне поле багаторічних трав (25%), картоплі або кукурудзи (25), пшениці озимої (25) і ярих колосових (25%).

Традиційну органо-мінеральну та органічну системи удобрення доцільно поєднувати з вирощуванням сидератів (як чинника ресурсозбереження) у проміжних посівах.

Оцінка ефективності хімічної меліорації ґрунту та мікробного препарату за вирощування кукурудзи. Вирішення теоретичних і практичних питань сучасного землеробства зводиться до створення оптимальних умов повітряного і мінерального живлення рослин, що своєю чергою визначається кислотністю ґрунту, раціональним використанням ґрунтової вологи та біогенних елементів.

У зональному аспекті важливо мати науково обґрунтовані висновки щодо балансу поживних речовин у системі «ґрунт — рослина» для розробки агротехнічних прийомів, спрямованих на ефективне використання добрив, хімічних меліорантів, а також засобів біологізації землеробства.

Зростання родючості ґрунтів дерново-підзолистого типу з підвищеною кислотністю є неможливим без хімічної меліорації [10–12]. Дослідженнями вчених переконливо доведено істотне значення кальцієвмісних меліорантів щодо акумуляції і трансформації гумусових речовин сірих лісових та чорноземних ґрунтів [13, 14], що свідчить про актуальність вказаного питання як для збереження потенцій-

ної, так і підвищення ефективної родючості ґрунту. Оптимізація кислотності ґрунту також є важливою умовою забезпечення ефективності сучасних біопрепаратів. Також слід зауважити, що застосування класичного вапнування дерново-підзолистих ґрунтів передбачає внесення на 1 га ріллі 3–4 т кальцієвмісних сполук, що є доволі затратним агротехнічним заходом.

За результатами проведених нами досліджень встановлено, що вапнування забезпечило зростання врожайності зерна кукурудзи, в середньому за 5 років, з 7,40 до 8,20 т/га (на 0,8 т/га) за внесення кальцію у дозі, розрахованій за повною гідролітичною кислотністю (г.к.), (табл. 4, варіанти № 1 і 2). За зменшення дози кальцію вдвічі (№ 3 порівняно з № 2) відзначено тенденцію до зниження продуктивності культур на 0,2 т/га, а за зменшення дози у 4 рази (№ 4) зниження врожайності становило 0,6 т/га. Крім того, за разового внесення

меліоранту з розрахунку на 1/4 г.к. математично достовірні прирости в досліді отримано лише впродовж перших трьох років.

За внесення кальцію із розрахунку 1/4 г.к. через 1 рік рівень продуктивності кукурудзи становив 8,02 т/га (табл. 4, № 5), що еквівалентно рівню показників варіантів № 2 і 3. Тому такий спосіб меліорації в беззмінних посівах кукурудзи слід вважати оптимальним. Отже, якщо критерієм оцінки ефективності агрозаходу є рівень врожайності, то за хімічної меліорації ґрунту для вирощування кукурудзи на зерно в беззмінних посівах доцільним є внесення дози дефекату з розрахунку 2,8–1,4 т/га CaCO_3 (1/2–1/4 г.к.).

За використання мікробного препарату Біогран (фон – II) найвищу продуктивність культури отримано на тлі внесення невисоких доз кальцію (№ 3 і 5) – на рівні 8,9 т/га, що вище за контроль на 1,1 т/га і незначно вище за відповідний показник

Таблиця 4

Продуктивність кукурудзи у беззмінному посіві за хімічної меліорації та використання біопрепарату, т/га (середнє за 2009–2013 рр.)

№ варіанта	Варіанти дослідів	Без біопрепарату			За використання Біограну			
		урожайність, т/га	% до фону	приріст від вапнування, т/га	урожайність, т/га	% до фону	приріст від вапнування, т/га	приріст від бактеризації, т/га
1	Мінеральна система удобрення – $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{120}$ (фон)	7,40	100	–	7,80	100	–	0,40
2	Фон + CaCO_3 у дозі за 1 г.к.	8,20	111	0,8	8,60	110	0,8	0,40
3	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/2 г.к.	8,00	108	0,6	8,92	114	1,12	0,92
4	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к.	7,60	103	0,2	8,48	109	0,68	0,88
5	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к. через рік	8,02	108	0,6	8,90	114	1,10	0,88
	HIP_{05}	0,26			0,29			

варіанта з внесенням повної дози вапна (№ 2).

Отже, застосування мікробного препарату Біогран для вирощування культури за внесення дефекату з розрахунку 1/4 г.к. в умовах досліду виявилось максимально ефективним як за разового (один раз у 5 років), так і за періодичного використання меліоранту (через рік).

Втрати біогенних елементів порівняно з фоном (№ 1), зокрема азоту, різко зросли (на 68%) за внесення дефекату у дозі, розрахованій за повною гідролітичною кислотністю (CaCO_3 – 2,8 т/га), і були нижчими на 63% на тлі зменшення дози кальцію в 4 рази (табл. 5, № 4).

Виявлена особливість є характерною також і для міграції сполук кальцію за межі кореневмісного шару ґрунту: за вапнування у повній дозі їх втрати зросли у 3 рази, за внесення CaCO_3 у дозі, розрахованій за 1/2 г.к., – у 2 рази, а за низьких доз меліоранту – на 34–21%.

Отже, з погляду ресурсосбереження внесення CaCO_3 за вирощування кукурудзи на зерно в беззмінних посівах повинно

здійснюватися за використання невисоких доз меліорантів.

Використання в технології вирощування кукурудзи мікробного препарату Біогран позитивно вплинуло на зменшення втрат майже всіх біогенних елементів (табл. 5). Це пояснюється позитивним впливом препарату на продукційний процес культури, що обумовлює як зростання вносу біогенних елементів з урожаєм, так і тимчасову їх акумуляцію збільшеною кореневою системою.

За вирощування кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах доцільно проводити вапнування у дозі не вище 1/2–1/4 г.к. (1,4–0,7 т/га у перерахунку на CaCO_3).

Ефективність мікробного препарату Біогран є вищою за внесення незначних доз CaCO_3 . До того ж забезпечується підвищення продуктивності культури і значне збереження ресурсів унаслідок зменшення втрат біогенних елементів.

Оцінка систем удобрення на прикладі культури картоплі. Результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених свідчать про значний вплив на інтенсивність вими-

Таблиця 5

Втрати сполук біогенних елементів за хімічної меліорації та використання біопрепарату, кг/га (середнє за 2009–2013 рр.)

№ варіанта	Варіанти досліду	Без біопрепарату					За використання Біограну				
		NO ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Мінеральна система удобрення – N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀ (фон)	70,0	76,0	24,0	4,8	6,4	64,0	72,0	18,0	4,0	5,6
2	Фон + CaCO_3 у дозі за 1 г.к.	128,1	210,0	42,0	6,2	3,6	114,0	192,0	34,0	5,6	3,4
3	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/2 г.к.	92,0	140,1	30,1	6,0	4,0	84,1	135,0	24,5	5,0	3,4
4	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к.	80,1	92,2	28,4	5,0	4,2	70,1	71,1	20,5	5,0	3,4
5	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к. через рік	84,0	102,0	29,0	5,4	4,0	72,0	94,0	20,8	5,4	3,5
	НІР ₀₉₉	3,1	1,7	0,6	0,02	0,014	0,8	0,7	0,2	0,04	0,01

вання з ґрунту водорозчинних гумусових речовин і біогенних елементів таких чинників, як кількість опадів, дози, способів і строків внесення добрив, генетичних особливостей ґрунтів.

В агрохімії азоту питання міграції в ґрунті невикористаних його мінеральних форм є так само важливими, як і засвоєння цього елемента рослинами. Від їх вирішення залежить використання азоту з добрив сільськогосподарськими культурами в сівозміні, а також розміри втрат унаслідок інфільтрації опадів. Найбільшою мірою в ґрунті мігрує нітратна форма азоту.

Крім азоту, на дерново-підзолистих ґрунтах інтенсивно мігрують сполуки кальцію, магнію, а також лабільний гумус.

Інтенсивні процеси інфільтрації ґрунтової вологи і, відповідно, вимивання розчинних у воді сполук, спостерігаються на дерново-підзолистих легких ґрунтах у пізньоосінній і ранньовесняний періоди, коли ґрунт є вільним від рослинності, а в країнах з м'якою і теплою зимою — і в зимово-весняний період, коли втрачається 2/3–3/4 азоту і кальцію від загального обсягу сполук, вимитих упродовж річного циклу [5].

За дії добрив і вапна вимивання поживних речовин, як правило, підсилюється. Вимивання з ґрунту катіонів відбувається у

такому порядку: $Ca^{++} > Mg^{++} > K^+ > Na^+ > NH_4^+$; аніони вимиваються з послабленим процесом від хлору до фосфору: $Cl^- > SO_4^{--} > NO_3^- > PO_4^{--}$.

У кількісному відношенні середньорічні показники вимивання основних елементів з дерново-підзолистого ґрунту під культурами сівозміни варіюють у таких межах: щодо азоту — 6–53 кг/га, кальцію в перерахунку на $CaCO_3$ — 350–450, магнію — 18–25, калію — 3–6 кг/га; втрати фосфору є незначними — 3–5 кг/га.

Втрати біогенних елементів з кореневої частини шару ґрунту є доволі значними, на що слід зважити під час балансових розрахунків, а дослідження агрохімічних та інших заходів, спрямованих на запобігання втратам або їх зменшення, безумовно, мають науково-практичну цінність.

Під час лізиметричних досліджень, проведених нами в 2007–2010 рр., встановлено, що опади в зоні Чернігівського Полісся є значно мінералізованими. З розрахунку на 1 га ріллі щорічно надходить: оксиду кальцію — близько 35 кг, оксиду магнію — 22, значна кількість сірки і калію — 7, азоту — близько 14 кг (з істотними відхиленнями за роками) (табл. 6).

Упродовж 2010–2013 рр. у лізиметрах спостерігалась значна інфільтрація воло-

Таблиця 6

Надходження до ґрунту сполук біогенних елементів з атмосферними опадами

Сполуки	Вміст у атмосферних опадах, мг/л					Надходження з опадами, кг/га за гідрологічний рік				
	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	середнє	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	середнє
NO ₃	1,8	1,9	1,7	2,2	1,9	6,8	6,6	7,2	8,8	7,4
NH ₄	1,5	1,6	1,7	2,0	1,7	5,6	5,9	7,2	5,8	6,1
K ₂ O	1,6	1,6	2,0	1,8	1,8	6,8	5,9	8,5	6,9	7,0
Na ₂ O	1,5	1,6	1,7	1,6	1,6	6,8	5,9	6,8	7,2	6,7
CaO	9,5	9,4	9,4	12,6	10,2	35,7	34,4	39,8	30,6	35,1
MgO	5,0	5,4	6,2	5,8	5,6	18,8	19,8	26,2	24,0	22,2
SO ₄	8,0	5,0	6,0	9,0	7,0	30,0	18,3	25,4	30,4	26,0
Кількість опадів, мм	–	–	–	–	–	372	366	424	537	425

ги за межі кореневмісного шару ґрунту, що супроводжувалося втратами біогенних елементів і водорозчинного гумусу.

За вирощування картоплі біогенні елементи за ступенем рухомості і зменшення концентрації у фільтратах можна розмістити у такій послідовності: $\text{CaO} > \text{NO}_3^- > \text{MgO} > \text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{NH}_4^+$.

За внесення добрив максимальну концентрацію нітратного азоту (NO_3^-) у лізіметричних водах відзначено за мінеральної та органічної систем удобрення; на рівні контролю були ці показники у варіантах із сидератом. Найбільший уміст кальцію в промивних водах зафіксовано за органічної та мінеральної систем удобрення, аналогічну закономірність встановлено щодо водорозчинного гумусу, сполук фосфору і калію (табл. 7).

Найвища концентрація біогенних елементів у лізіметричних водах спостерігалася за традиційної системи удобрення картоплі. За сидерально-мінеральної системи відзначено низьку концентрацію сполук біогенних елементів у розчині.

Кількість вологи, яка надійшла в приймачі лізіметрів, і концентрація сполук біогенних елементів визначають їх втрати за межі шару ґрунту 0–155 см.

У середньому за роки досліджень під картоплею на 1 га втрачалося: у варіанті без добрив — 14,6% вологи від кількості опадів, 26 кг азоту, 44 — кальцію, 18 — магнію, 16 кг лабільного гумусу. Втрати калію і фосфору були незначними — у межах 2,6–4,0 кг/га (табл. 8).

За мінеральної системи удобрення втрати вологи зросли у 1,4 раза, за внесення гною — в 1,5, а за сидеральної системи цей показник знизився більше ніж у 2 рази. За мінеральної системи удобрення втрати азоту зросли у 2 рази, за внесення гною — у 2,5 раза.

В умовах сидеральної системи втрати азоту, магнію, фосфору і калію залишалися майже на рівні контролю, кальцію — були нижчими за контрольні показники на 23%.

Органо-мінеральна (традиційна система удобрення картоплі) характеризується більшими втратами лабільного гумусу і біогенних елементів, особливо азоту (64 кг/га), кальцію (118), магнію (31), фосфору (7), калію (8) і водорозчинного гумусу (40 кг/га).

Альтернативна система удобрення (сидерат + NPK) дає змогу зменшити втрати вологи в 2,2 раза, азоту (NO_3^-) — в 2,3 раза,

Таблиця 7

Концентрація сполук біогенних елементів і лабільного гумусу в лізіметричних водах залежно від удобрення (середнє за чотири роки)

№ варіанта	Системи удобрення	Уміст, мг/л						
		гумус водорозчинний	NH_4^+	NO_3^-	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O
1	Без добрив	22,0	0,6	66	84	26	2,6	4,0
2	$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$	48,2	2,0	98	206	44	5,0	6,8
3	Гній, 40 т/га	56,0	3,1	102	218	56	6,4	12,0
4	Сидерат	24,0	0,4	52	51	28	2,2	5,6
5	Традиційна (гній + $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$)	62,0	3,0	102	201	67	7,8	14
6	Альтернативна (сидерат + $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$)	30,2	2,0	60	74	32	3,4	5,0
	$\pm m$	1,9	0,2	3,4	6,0	1,1	0,02	0,02

Таблиця 8

Втрати сполук біогенних елементів, вологи і водорозчинного гумусу під картоплею залежно від систем удобрення (середнє за 2010–2013 рр.)

Системи удобрення	Волога, % від опадів	Сполуки біогенних елементів, кг/га					Гумус лабільний
		NO ₃ ⁻	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Без добрив (контроль)	14,6	26,0	64,0	18,0	2,8	4,6	16,0
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	20,0	52,0	92,0	28,0	3,6	7,0	32,4
Гній, 40 т/га	22,0	64,0	106,0	40,0	4,0	7,6	38,8
Сидерат (люпин вузьколистий)	7,0	28,0	49,0	16,0	2,8	3,0	14,0
Традиційна (гній + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	22,0	64,0	118,0	31,0	7,0	8,1	40,0
Альтернативна (сидерат + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	10,0	28,0	77,0	16,0	3,2	5,0	14,0

Таблиця 9

Продуктивність картоплі за різних систем удобрення

Варіанти дослідю	Урожайність, т/га	Вміст			
		крохмалю, %	білка, %	аскорбінової кислоти, %	нітратів, мг/кг
Без добрив (контроль)	8,6	12,8	1,6	9,6	64
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	22,4	12,4	1,8	12,0	214
Гній, 40 т/га	16,8	13,0	2,0	12,6	202
Сидерат (люпин вузьколистий)	17,4	13,0	1,9	12,0	56
Гній + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	31,2	12,6	2,0	14,0	142
Сидерат + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	29,4	13,0	2,2	13,0	91
НІР _{0,95}	1,6	0,5	0,01	0,7	3,0

кальцію (CaO) на 33%, магнію — в 2 рази, лабільного гумусу в 2,9 рази.

Отже, проміжну сидерацію в поєднанні з туками за вирощування картоплі слід розглядати як ефективний ресурсозбережний агроприйом.

Продуктивність картоплі в умовах лізиметрів залежно від систем удобрення істотно різнилася. Альтернативна система забезпечила врожайність нижче на 6,0% від показників традиційної, проте продукція характеризувалася високими харчовими

властивостями, особливо за вмістом нітратів у бульбах (табл. 9).

ВИСНОВКИ

Отримані результати надають змогу визначити напрями підвищення реалізації ґрунтово-кліматичного потенціалу зони Полісся. Результати лізиметричних досліджень доцільно розглядати як інструмент технологій, що дає можливість прослідкувати міграцію вологи, гумусових речовин і сполук біогенних елементів за межі коре-

невмісного шару ґрунту, залежно від кількості опадів і систем удобрення, визначити шляхи регулювання цих процесів, що важливо для оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур. Для ресур-

созбереження та покращення екологічної ситуації в агроценозах за вирощування картоплі мінеральну та традиційну органіко-мінеральну системи удобрення доцільно доповнювати проміжною сидерацією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Милащенко Н.З. Экологические проблемы в интенсивном земледелии / Н.З. Милащенко // Труды ВИУА. — М., 1990. — С. 3–10.
2. Наукові основи агропромислового виробництва Чернігівської області / [І.В. Гриник, А.Г. Бардаков, Ю.О. Бакун та ін.]. — Чернігів: РВК «Деснянська правда», 2004. — 344 с.
3. Лізиметричні дослідження в агрохімії і агроекології / О.М. Бердніков, Л.М. Скачок, Л.В. Потапенко, Т.Б. Милотенко // Зб. наук. праць «ННЦ Інститут землеробства НААН». — 2013. — Вип. 1–2. — С. 38–45.
4. Сайко В.Ф. Сівозміни у землеробстві України / В.Ф. Сайко, П.І. Бойко. — К.: Аграрна наука, 2002. — 146 с.
5. Бобрицкая М.А. Потери азота и других элементов при выщелачивании из слабокультуренной дерново-подзолистой почвы / М.А. Бобрицкая // Баланс азота в дерново-подзолистых почвах. — М., 1966. — С. 18–22.
6. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів / Г.А. Мазур. — К.: Аграрна наука, 2008. — 308 с.
7. Ариццукіна Е.Н. Руководство по химическому анализу почв / Е.Н. Ариццукіна. — М.: Изд-во МГУ, 1970. — 487 с.
8. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / За ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграрна наука, 2006. — 312 с.
9. Довбан К.И. Зеленое удобрение / К.И. Довбан. — М.: Агропромиздат, 1990. — 208 с.
10. Панников В.Д. Лизиметрия — эффективный метод агрохимических исследований / В.Д. Панников // Сельское хозяйство за рубежом. — 1980. Вип. 6. — С. 2–7.
11. Мазур Г.А. Вплив вапнування і тривалого удобрення на врожайність культур сівозміни в умовах західного Полісся / Г.А. Мазур, В.М. Польовий, М.М. Лаврук // Науковий вісник Національного аграрного університету. — 2005. — Вип. 91. — С. 60–65.
12. Кулаковская Т.Н. Минеральные удобрения и плодородие почв / Т.Н. Кулаковская // Плодородие почвы и урожай. — Вильнюс: Периодика, 1974. — С. 82–90.
13. Сипко А.О. Вплив вапнування на вміст гумусу у чорноземі типовому в умовах північно-східного Лісостепу / А.О. Сипко, О.П. Стрілець, Г.А. Сінчук // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 5. — С. 19–22.
14. Сипко А.О. Відтворення вмісту гумусу у слабокислому сірому лісовому ґрунті за хімічної меліорації в умовах Правобережного Лісостепу / А.О. Сипко, Г.С. Гончарук // Вісник аграрної науки. — 2014. — № 1. — С. 55–58.

REFERENCES

1. Mylashchenko, N.Z. (1990). Ekologicheskiye problemy v intensivnom zemledelii [Ecological problems in intensive farming]. *Trudy VIUA* — *Proceedings of the VIUA*, 3–10 [in Russian].
2. Hrynyk, I.V., Bardakov, A.H. & Bakun Yu.O. (2004). *Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva Chernihiv's'koyi oblasti* [Scientific bases of agro-industrial production of Chernihiv region]. Chernihiv: Desnyanska Pravda RVC. [in Ukrainian].
3. Berdnikov, O.M., Skachok, L.M., Potapenko, L.V. & Myliutenko T.B. (2013). Lizymetrychni doslidzheniya v ahrokhimiyi i ahroekolohiyi [Lysimetric studies in agrochemistry and agroecology]. *Zbirnyk naukovykh prats' «NNTS Instytut zemlerobstva NAAN»* — *Proceedings of the NSC Institute of Agriculture NAAS*, 1–2, 38–35 [in Ukrainian].
4. Saiko, V.F. & Boiko, P.I. (2002). *Sivozminy u zemlerobstvi Ukrayiny* [Crop rotation in agriculture of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
5. Bobrytskaia, M.A. (1966). Poteri azota i drugikh elementov pri vyshchelachivaniі iz slabookul'tu-rennoy dervno-podzolistoy pochvy [Losses of nitrogen and other elements during leaching from poorly cultivated ted sod-podzolic soil]. *Balans azota v dervno-podzolistykh pochvakh* [Nitrogen balance in sod-podzolic soils]. Moskva [in Russian].
6. Mazur, H.A. (2008). *Vidtvorennia i rehulyuvannya rodyuchosti lehkykh gruntiv* [Reproduction and regulation of fertility of light soils]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
7. Arynushkyna, E.N. (1970). *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Chemical Soil Analysis Guide]. Moskva: Yzd-vo MHU [in Russian].
8. Volkohon, V.V. (Ed.) (2006). *Mikrobni preparaty u zemlerobstvi. Teoriya i praktyka* [Microbial preparations in agriculture. Theory and Practice]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
9. Dovban, K.Y. (1990). *Zelenoye udobreniye* [Green manure]. Moskva: Ahropromyzdat [in Russian].
10. Pannikov, V.D. (1980). Lizimetriya — effektivnyy metod ahrokhimicheskikh issledovaniy [Lysimetry — an effective method of agrochemical research].

- Sel'skoye khozyaystvo za rubezhom — Agriculture Abroad*, 6, 2–7 [in Russian].
11. Mazur, H.A., Polovyi, V.M. & Lavruk, M.M. (2005). Vplyv vapnuvannya i tryvaloho udobrennya na vrozhaynist' kul'tur sivozminy v umovakh zakhidnoho Polissya [Influence of liming and prolonged fertilization on crop yields of crop rotation in the western Polesie]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho ahrarnoho universytetu — Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 91, 60–65 [in Ukrainian].
 12. Kulakovskaia, T.N. (1974). Mineral'nyye udobreniya i plodorodiye pochv [Mineral fertilizers and soil fertility]. *Plodorodiye pochvy i urozhay [Soil fertility and yield]*. Vil'nyus: Periodika [in Russian].
 13. Sypko, A.O., Strilets, O.P. & Sinchuk, H.A. (2013). Vplyv vapnuvannya na vmistu humusu chornozemi typovomu v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu [The effect of liming on the content of humus of black soil typical in the conditions of the northeastern forest-steppe]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Bulletin of agrarian science*, 5, 19–22 [in Ukrainian].
 14. Sypko, A.O. & Honcharuk, H.S. (2014). Vidtvorennya vmistu humusu u slabokyslomu siromu lisovomu grunti za khimichnoyi melioratsiyi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Reproduction of humus content in slightly acidic gray forest soil by chemical reclamation in the Right-bank Forest Steppe]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Bulletin of agrarian science*, 1, 55–58 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.01.2020

UDK 632.9:633.54

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201273>

USE OF TANK MIXTURES FOR POTATO PLANTS PROTECTION FROM *PHYTOPHTHORA INFESTANS* AND *ALTERNARIA SOLANI* DISEASE AGENTS

S. Fedorchuk¹, T. Klymenko¹, V. Radko¹, O. Trembitska¹, M. Lisovyy²

¹ Поліський національний університет

² Національний університет біоресурсів і природокористування України

На сьогодні однією із важливих проблем щодо отримання високих стабільних урожаїв картоплі є своєчасне вжиття відповідних заходів проти хвороб і шкідників. Незначний розмір земельних ділянок та неякісний садивний матеріал, відсутність доглядання сівозмін призводить до накопичення і поширення збудників хвороб, зокрема *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary та *Alternaria solani*, які без застосування засобів захисту можуть знизити врожайність культури до 60% і більше. Доведено, що найефективнішу дію проти ураження листків картоплі фітофторозом проявила суміш хімічного препарату Антракол та регулятора росту рослин Гумісол. Встановлено, що оптимальним було поєднання хімічного препарату Антракол із PPP Гумісол, де на різних за стійкістю сортах картоплі ураженість рослин у фазу цвітіння (максимальний розвиток патогенів) збудниками становила: *Phytophthora infestans* — 1,4–24,6%, а *Alternaria solani* — 6,8–22,2%.

Ключові слова: картопля, сорт, збудники хвороб, регулятор росту рослин, хімічний та біологічний препарати.

Complex systems of protection of crops against potato diseases have been developed during 60–80s of the past century. The necessity to combine preparations for plants protection against various groups of phytopathogens (insects, disease agents and weed plants) into

one integrated system of measures was taken as a main principle [1]. Factors that influence decrease of potato damage evidence complex nature of disease manifestation which, in its turn, requires systematic protection [2].

Complex combination of protection of plants was built on the basis of zonal approach, specifically, with consideration to

types of disease agents and other pathogenic agents that damage potato in given agricultural climatic zone [3, 4]. They are based on chemical method. Plantations were treated during relative phenological phases of potato or calendar periods of phytopathogens appearance regardless of their actual number and display during the given season or period. Main principle of complex systems is a necessity to combine various methods of protection of given crop from different groups of phytopathogens into single system of measures and it has been preserved in integrated, intensive and other technologies of crops growing, nevertheless, it has changed significantly due to development and improvement of chemical, agrotechnical, biological and other methods of protection [5, 6].

Authors like Razkevych M.P. and Podbezko I.M. [7] in their scientific works mention, that use of chemical preparations Tanos and Rydomil Gold mixed with growth regulators BTF + Potatin guarantee the highest level of protection against *Alternaria* blight and by highest we mean 50–56%. Combination of these preparations allows helps to enhance harvest growth by 7.7 t/ha, net income amounts to appr. 1799 UAH/ha. Accumulative combination of preparation with growth regulator allows to decrease chemical's usage rate by 20% without damage to protective effect that guarantees dynamic reduction of pathological processes and increase of harvest yield, however, with decrease of pesticides environmental load. Thus, accumulative combination of preparations in tank mixtures does not minimize their fungicidal and insecticidal activity against various plant pests herewith does not cause phytotoxicity of potato plants. Technical efficiency of the use of tank mixtures of pesticides was 86.6–87.8% and harvest growth of potato tubers of the middle-early variety of potato *Dublinska yuvileyna* was 135–157 centner/ha [7, 8].

Aim of research – influence of combined use of growth regulators, chemical and biological preparations on different by resistance potato varieties under field conditions against *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary and *Alternaria solani* disease agents.

MATERIAL AND METHODS

Our research was carried out on the research field of Zhytomyr National University of Agriculture and Ecology (village Velyka Gorbasha Cherniakhiv district Zhytomyr region) in 2013–2017. We studied effect of preparations on varieties different by resistance to disease: Bonus (relatively resistant), Vedruzka (medium resistant) and Glazurna (susceptible).

We used the following preparations: chemical Antrakol w.p., biological Phytosporyn – M, p. and growth regulator Humisol, p. Potato plants were sprayed during vegetation period by stages of plant development – sprout, budding and flowering.

Experiment variants included:

1. Control (treatment with water)
2. Humisol, p. (2 l/t) + Antrakol, w.p. (1.5 kg/ha)
3. Phytosporyn – M, p. (3.0 kg/ha) + Humisol, p. (2 l/t)
4. Antrakol, w.p. (1.5 kg/ha) + Phytosporyn – M, p. (3.0 kg/ha).

In tank mixtures rate of each preparation usage was decreased by 25%.

Sections in the field were located based on randomization method of Dospekhov B.A. [9] with 4-fold recurrence.

Records were kept based on standard methods, technology of potato growing – standard for Polissya zone [10].

Statistical treatment was done according to the method of Dospekhov B.A. [9].

RESULTS AND RESEARCH

In laboratory conditions we have determined the best preparations among groups of chemical, biological and growth regulators and have investigated their combined usage for varieties of potato different by resistance in field conditions of our research. Results of research are given in the Table 1.

Plants were mostly damaged by the pathogenic agent *Phytophthora infestans* during flowering stage and, especially, control variant (treatment with water). Damage of susceptible variety Glazurna during this variant of experiment was 75.0%, medium resistant

Table 1

Influence of combined use of preparations on damage of different by resistance potato plants by *Phytophthora infestans* under field conditions, % (average for 2013–2015)

Experiment variant	Potato varieties								
	Bonus (relatively resistant)			Vedruzka (medium resistant)			Glazurna (susceptible)		
	s	b	f	s	b	f	s	b	f
Control (treatment w/water)	0.3	1.7	3.5	3.9	15.3	25.5	10.3	45.6	75.0
Humisol p. (2 l/t) + Antrakol, w.p. (1.5 kg/ha)	0.2	1.0	1.4	2.8	8.4	12.2	4.2	20.8	24.6
Phytopsporyn – M, p. (3.0 kg/ha) + Humisol, p. (2 l/t)	0.3	1.4	2.8	3.4	10.6	16.1	5.3	22.4	30.5
Antrakol, w.p. (1.5 kg/ha) + Phytopsporyn – M, p. (3.0 kg/ha)	1.3	1.2	1.8	3.2	8.8	14.2	4.4	21.0	26.4
SSD _{0.5}			0.2			1.2			2.6

Note: s – sprout, b – budding, f – flowering.

Vedruzka – 25.5% and relatively resistant Bonus – 3.5%.

On the other hand, combination of preparations has significantly changed development of the agent. When chemical preparation Antrakol was used with growth regulator Humisol, number of damaged plants of Glazurna variety was reduced to 24.6%, Vedruzka – 12.2%, Bonus – 1.4%. It was the most effective mixture among investigated preparations in the experiment.

Mixture of biological preparation and growth regulator turned out least effective. Use of Phytopsporyn – M and growth regulator Humisol reduced damage of potato plant to 30.5% for Glazurna variety, 16.1% for Vedruzka variety and 3.4% for Bonus variety.

This way, when tank mixture of chemical, biological preparations and growth regulators was used, the best effect on damage of potato plants by late blight disease of potato produced mixture of chemical preparation Antrakol and growth regulator Humisol.

Tank mixture of studied preparations was also effective against disease agent *Alternaria solani* (table 2). Besides, plants were mostly damaged during flowering stage. If damage of

plants during control variant was 50.0%, upon use of preparations Antrakol and Humisol these figures decreased for Glazurna variety to 22.0%, Vedruzka – 17.8% and Bonus variety – 6.8%. It should be mentioned that as in the previous case it was the most effective tank mixture against *Alternaria solani*.

Difference in efficiency in comparison to previous variant was determined during combined use of the chemical Antrakol and biological preparation Phytopsporyn – M. Damage of plants for Glazurna variety was 26.0%, Vedruzka – 18.4% and Bonus variety – 7.2%. Difference in plants damage by potato varieties was 0.4–4.0% with HIP_{0.5} 0.9–2.8%.

Least effective was mixture of biological preparation Phytopsporyn – M and growth regulator Humisol. Damage of plants increased and came up to 32.4% for Glazurna variety, 21.2% for Vedruzka variety and 7.6% for Bonus variety.

Thus, mixture of preparation Antrakol and growth regulator Humisol was the most effective.

Thus, when growth regulator, chemical and biological preparations were used against *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary and

Table 2

Influence of combined use of preparations on damage of different by resistance potato plants by *Alternaria solani* under field conditions, % (average for 2013–2015)

Experiment variant	Potato varieties								
	Bonus (relatively resistant)			Vedruzka (medium resistant)			Glazurna (susceptible)		
	s	b	f	s	b	f	s	b	f
Control (treatment w/water)	3.5	5.7	9.5	10.5	17.3	25.7	18.1	35.5	50.0
Humisol, p. (2 l/t) + Antrakol, w.p. (1.5 kg/ha)	2.6	4.5	6.8	7.5	10.8	17.8	10.6	18.4	22.2
Phytopsporyn – M, p. (3.0 kg/ha) + Humisol, p. (2 l/t)	2.8	4.9	7.6	8.8	13.4	21.2	13.2	24.2	32.4
Antrakol, w.p. (1.5 kg/ha) + Phytopsporyn – M, p. (3.0 kg/ha)	2.7	4.6	7.2	7.9	11.5	18.4	11.8	20.8	26.5
SSD _{0.5}			0.9			1.5			2.8

Note: s – sprout, b – budding, f – flowering.

Alternaria solani disease agents mixture of preparation Antrakol and growth regulator Humisol was the most effective, when damage of different by resistance potato varieties by *Phytophthora infestans* was 1.4–24.6% and by *Alternaria solani* – 6.8–22.2%.

CONCLUSION

When tank mixtures were used in the system of potato planting protection against

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary and *Alternaria solani* disease agents the most effective was combination of the chemical preparation Antrakol and growth regulator Humisol, when damage of different by resistance varieties of potato at blooming stage (maximum development of pathogenic agents) by *Phytophthora infestans* was 1.4 – 24.6% and by *Alternaria solani* 6.8–22.2%.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Иванюк В.Г.* Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадыев, Г.К. Журомский. – Минск: Белпринт, 2005. – 696 с.
2. *Иванюк В.Г.* Влияние сроков опрыскиваний фунгицидами на поражение картофеля фитофторозом и альтернариозом / В.Г. Иванюк, Д.А. Брукиш // Защита растений: Сб. науч. тр. БНИИЗР. – 1998. – Вып. 21. – С. 132–143.
3. *Ласточкин В.И.* Комплексное применение био-препаратов и фунгицидов против фитофтороза картофеля / В.И. Ласточкин // Актуальные проблемы защиты картофеля, плодовых и овощных культур от болезней, вредителей и сорняков: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Самохваличи; Минск, 2005. – С. 132–135.
4. Activation of defence responses to *Phytophthora infestans* in potato by BABA / T. Bengtsson, A. Holfors, J. Witzell et al. // Plant Pathol. – 2014. – Vol. 63(1). – P. 193–202. DOI: 10.1111/ppa.12069
5. Genetic analysis of *Phytophthora infestans* populations in the Nordic European countries reveals high genetic variability / M.B. Brurberg, A. Elameen, V.H. Lea et al. // Fungal Biology. – 2011. – Vol. 115. – P. 335–342. DOI: 10.1016/j.funbio.2011.01.003
6. Simulation of potato late blight in the Andes. I: modification and parameterization of the LATEBLIGHT model / J. L. Andrade-Piedra, R.J. Hijmans, G.A. Forbes et al. // Phytopathology. – 2005. – Vol. 95(10). – P. 1191–1199. DOI: 10.1094/phyto-95-1191
7. *Знаменський О.П.* Перспективи застосування фунгицидів та їх сумішей з біологічно активними препаратами для захисту картоплі від хвороб / О.П. Знаменський, М.П.Разкевич, І.М. Подберез-

ко // Картоплярство України. — 2009. — № 5/6. — С. 44–47.

8. Andrivon D. Development of natural late blight epidemics in pure and mixed plots of potato cultivars with different levels of partial resistance / D. Andrivon, J.M. Lucas, D. Ellissèche // *Plant*

Pathol. — 2003. — Vol. 52(5). — P. 586–594. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2003.00882.x

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, 1985. — 336 с.
10. Трибель С.О. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель та ін.; за ред. С.О. Трибеля. — К.: Світ, 2001. — 448 с.

REFERENCES

1. Ivanyuk, V.G., Banady`sev, S.A. & Zhuroms`kij, G.K. (2005). *Zashhita kartofelya ot boleznej, vreditel'ej i sornyakov sorniakov* [Protection from diseases, pests and weed plants]. Minsk: Belprint [in Russian].
2. Ivanyuk, V.G. & Brukish, D.A. (1998). Vliyanie srokov opry`skivaniy fungicidami na porazhenie kartofelya fitoftorozom i al'ternariozom [Influence of period spraying with fungicides on potato damage by late blight disease of potato and Alternaria blight]. *Zashhita rastenij* — *Plant protection* 21, 132–143 [in Russian].
3. Lastochkin, V.I. (2005). Kompleksnoe primenenie biopreparatov i fungicidov protiv fitoftoroza kartofelya [Complex use of biologically-active preparations and fungicides against late blight disease of potato]. *Aktual'ny'e problemy` zashhity` kartofelya, plodovy`x i ovoshhny`x kul'tur ot boleznej, vreditel'ej i sornyakov* [Actual problems of the protection of potatoes, fruit and vegetable crops from diseases, pests and weeds]. Samohvalichi; Minsk [in Russian].
4. Bengtsson, T., Holefors, A., Witzell, J. & et al. (2014). Activation of defence responses to Phytophthora infestans in potato by BABA. *Plant Pathol.* 63(1), 193–202. DOI: 10.1111/ppa.12069 [in English].
5. Brurberg, M.B., Elameen, A., Lea, V.H. & et al. (2011). Genetic analysis of Phytophthora infestans populations in the Nordic European countries reveals high genetic variability. *Fungal Biology*, 115,

335–342. DOI: 10.1016/j.funbio.2011.01.003 [in English].

6. Andrade-Piedra, J.L., Hijmans, R.J., Forbes, G.A. & et al. (2005). Simulation of potato late blight in the Andes. I: modification and parameterization of the LATEBLIGHT model. *Phytopathology*, 95(10), 1191–1199. DOI: 10.1094/phyto-95-1191 [in English].
7. Znamenskyi, O.P., Razkevych, M.P. & Podberezko, I.M. (2009). Perspektyvy zastosuvannya funhitsydiv ta yikh sumishei z biolohichno aktyvnymy preparatamy dlia zakhystu kartopli vid khvorob [Perspectives of the use of fungicides and their mixtures with biologically-active preparations for potato protection from diseases]. *Kartopliarstvo Ukrainy* — *Potato growing in Ukraine*, 5/6, 44–47 [in Ukrainian].
8. Andrivon, D., Lucas, J.M. & Ellissèche, D. (2003). Development of natural late blight epidemics in pure and mixed plots of potato cultivars with different levels of partial resistance. *Plant Pathol.* 52(5), 586–594. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2003.00882.x [in English].
9. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodyka polevoho opyta* [Methods of field research]. Moskva : Kolos [in Russian].
10. Trybel, S.O. (2001). *Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv* [Methods of testing and using pesticides]. Kyiv: Svit [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Л.І. Шкарівська, Г.В. Давидюк, І.І. Клименко, Н.І. Довбаш

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

Проведено комплексну оцінку перспектив застосування відходів біогазових установок для удобрення сільськогосподарських культур. Досліджено агрохімічні особливості дигестатів як удобрювальних субстратів. Визначено, що характерною особливістю дигестатів є лужна реакція середовища та значний вміст основних поживних речовин із переважанням азоту над іншими елементами (N:P:K — 1:0,2–0,47:0,16–0,27). Дослідження хімічного складу дигестатів засвідчило можливість застосування їх як органічних добрив за умови контролю вмісту важких металів та мікроелементів.

Ключові слова: дигестат, органічне добриво, еколого-агрохімічна експертиза, відходи, нутрієнти, політанти.

З кожним роком у світі зростає попит на альтернативні джерела енергії. На особливу увагу заслуговують технології отримання біогазу. Разом із енергією сонця й вітру біогаз є одним з основних відновлювальних джерел енергії. Перші відомості про нього датуються другим тисячоліттям до нашої ери. У 1859 р. в Індії задокументовано першу біогазову установку. У 1895 р. здійснено перше комерційне використання біогазу для освітлення вулиць Лондона [1].

На сьогодні у 65 країнах світу функціонують понад 30 млн установок з виробництва біогазу, у т.ч. в країнах Європи — понад 12 тис. У США працюють більше 10 великих біогазових заводів, у Данії — 18, які переробляють 1,2 млн біомаси. Німеччина є лідером щодо кількості функціонуючих біогазових установок — понад 5 тис. У країнах Західної Європи завдяки таким альтернативним теплоносіям покривається близько 20% загальних потреб палива в промисловості [1, 2]. В Україні здійснюються лише перші кроки у цьому напрямі, хоча масштаби накопичення побутового сміття і збагачених органікою відходів дають змогу вважати їх потужним джерелом альтернативного палива.

Україна як учасник Енергетичного співтовариства відповідно до виконання

Договору про асоціацію з Європейським Союзом за останні роки упровадила низку ініціатив, що сприятиме подальшому розвитку використання відновлюваних джерел енергії. Зокрема, в 2014 р. Урядом України було затверджено план заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради ЄС [3], Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р. та План заходів до нього [4]. План дій був розроблений відповідно до Директиви 2009/28/ЄС про заохочення використання енергії з відновлюваних джерел. Основною метою Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 р. є досягнення частки споживання енергії відновлюваних джерел на рівні 11% (порівняно з 3,8% у 2009 р.). Частка теплової енергії має сягати 12,4% [5].

На думку Клода Турмеса, члена фракції «зелених» у Європарламенті, Україна має значний сільськогосподарський потенціал і, відповідно, можливість одержання сировини для створення цього виду біопалива [6]. Однак, на думку низки науковців, питання конкуренції біогазу і природного газу є проблематичним через його більш ніж у 1,5 раза вищу собівартість [2, 7]. Так, за науковими даними прибутковими можна вважати лише малопотужні біогазові установки в Китаї (5 млн сімейних установок, що виробляють 1,3 млрд м³ біогазу за 1 рік) і в Індії (2 млн подібних установок).

Їх прибутковість пояснюється примітивізмом і теплим кліматом, тоді як у північних країнах близько 70% біогазу витрачають на технологічні потреби виробництва [2].

Тому в багатьох країнах Європи, а також США і Японії, біогазові установки використовують, здебільшого, не як джерела альтернативної енергії, а для нейтралізації відходів тваринництва і одержання з них високоякісного органічного добрива, що не містить патогенних організмів.

Використання біогазових установок в Україні є перспективним для розв'язання проблем утилізації відходів, поліпшення екологічної ситуації, підвищення родючості ґрунтів, зменшення енергозалежності та розвитку економіки на місцях [8]. Нині в Україні біогаз виробляють, в основному, з побічних продуктів рослинного та тваринного походження: силосної маси, бурякового жому, рідкого гною, курячого посліду з підстилкою, перепелиного посліду тощо. У таблиці 1 наведено дані щодо сировини, на якій працюють біогазові установки в Україні [9].

Так, біогазова установка на свинофермі комбінату «Запоріжсталь» була впроваджена для очищення стоків і зменшення споживання енергії підприємством. Теплова енергія з виробництва біогазу використовується для власних потреб свинокомплексу. На свинофермі корпорації «Агро-овен»

електроенергія, що виробляється у біогазовій установці, споживається також підприємством. Експлуатацію біогазової установки компанії «Еліта» призупинено в 2011 р. через нерентабельність її роботи. Єдиною біогазовою установкою, підключеною до загальної електричної мережі, є установка «УМК» на фермі ВРХ [9].

На сьогодні через зростання кількості птахозабриків і збільшення поголів'я птиці існує значна проблема утилізації відходів птахівництва, що останніми роками нарощує свою продуктивність. Відомо, що в 2012 р. ПрАТ «Миронівський хлібопродукт» почало будувати біогазову установку на птахозабриці «Оріль-лідер» у Дніпропетровській обл. Планується реалізація амбітної біогазової програми компанією «Укрлендфармінг» та агропромхолдингом «Астарта-Київ», що анонсував будівництво установки на Глобинському цукровому заводі [9].

Отже, біогазові установки споруджуються, насамперед, для вирішення питання утилізації тваринницьких відходів (знезаражування). Внаслідок анаеробної ферментації та зброджування субстрату утворюються два види органічного біодобрива: рідка та тверда біомаса. Вони містять низку доступних органічних і мінеральних речовин, які сприяють проникненню і гігроскопічності ґрунту, збільшенню вмісту в ньому

Таблиця 1

Різновиди біогазових установок в Україні за напрямом діяльності підприємств

Підприємство	Рік запуску	Поголів'я, од.	Сировина	Обсяг сировини, т/добу
Свиноферма комбінату «Запоріжсталь», м. Запоріжжя	1993	1200	гній	20–22
Свиноферма корпорації «Агро-овен», Дніпропетровська обл.	2003	1500	гній, жирові відходи	89
Аграрна компанія «Еліта», смт Терезине, Київська обл.	2009	1000	гній	60
Ферма ВРХ «УМК», с. Великий Крупіль, Київська обл.	2009	6000	гній	400

му біогумусу, зменшують ерозію ґрунту та легко засвоюються рослинами, що своєю чергою підвищує врожайність сільськогосподарських культур [10, 11]. Основною перевагою біодобрив перед традиційними добривами (гній, послід тощо) щодо елементів живлення є їх форма, доступність і збалансованість, високий рівень гуміфікації органічної речовини [12]. Недоліком отриманих унаслідок анаеробного зброджування органічних добрив є те, що їх хімічний склад має значне варіювання. Метою роботи було проведення еколого-агрохімічної оцінки відходів біогазових установок та визначення їх властивостей як субстратів для удобрення сільськогосподарських культур.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Визначення хімічних та екотоксикологічних властивостей органічних матеріалів після ферментації в біогазових установках здійснювали у відділі агроекології і аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН» упродовж 2015–2019 рр. Було використано методики хімічного, фізико-хімічного аналізу із застосуванням сучасних методів атомно-абсорбційної спектрофотометрії, полум'яної фотометрії, математично-статистичного аналізу відповідно до вимог системи управління якістю (за ДСТУ 3973-2000). У рамках договірної тематики було проведено еколого-агрохімічну експертизу наданих проб дігестатів біогазових установок, розташованих на території України: ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія», ТОВ «Рокитнянський цукровий завод», ПАТ «Миронівський хлібопродукт» та ФГ «Масарівські Липки».

Дослідження проводили згідно з методиками аналізу органічних добрив: визначення вологи та сухого залишку за ДСТУ ISO 11465-2001; золи — за ДСТУ EN 13039:2005; $pH_{\text{вод.}}$ — за ДСТУ 7862:2015; сумарної масової частки азоту та масової частки амонійного азоту — за ДСТУ 7911:2015; загального фосфору — за ДСТУ ISO 5316:2003; загального калію — за ДСТУ 7949:2015; загального натрію — за ДСТУ

EN 16199:2015; загального кальцію — за ДСТУ 7945:2015; загального магнію — за ДСТУ EN 16197:2015; загального вуглецю — за ДСТУ 4289:2004; рухомого хлору — за ДСТУ 7908:2015; уміст важких металів і мікроелементів — методом сухого озолання з наступним аналізом розчину золи атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі ААС-3 за ГОСТ 30178-96.

Математико-статистичний аналіз результатів досліджень виконано з використанням комп'ютерних програм: MS Excel 2007, Statistica 5.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За хімічним складом дігестат є близьким до компосту, тому може застосовуватися як додаткове добриво для підвищення родючості ґрунтів. Його вміст має такі компоненти: азот — 2,3–4,2 кг/т, фосфор — 0,2–1,5, калій — 1,3–5,2 кг/т. За формою він буває рідким і твердим (висушений і гранульований). Рідка фракція потребує видалення зайвої вологи, наприклад, шляхом мембранної фільтрації, а тверду фракцію можна використовувати як добавку до компосту. Дігестат зручно поєднувати з іншими відходами або органічними продуктами, як от деревними стружками, тирсою [13].

Ефективне використання дігестату як добрива можливо за наявності об'єктивної інформації щодо вмісту в ньому нутрієнтів та політантів. Так, аналіз літературних джерел засвідчив, що біодобрива, отримані з біогазових установок, значно різняться за хімічним складом і використанням сировини різного походження [13–15]. Зокрема, pH варіює у межах 3,5–9,1 ум. од., уміст загального азоту — 0,89–6,87%, загально-го фосфору — 0,39–2,25, загально-го калію — 0,19–5,39%, що свідчить про значну варіабельність досліджених показників і необхідність їх постійного контролю [15].

Усі проаналізовані проби (табл. 2) характеризувались лужною реакцією середовища ($pH_{\text{сол.}}$ від 7,4 до 8,8) та переважанням кількості загального азоту над іншими макронутрієнтами за співвідношення N:P:K — 1:0,2–0,47:0,16–0,27. Уміст загаль-

Таблиця 2

Результати хімічного аналізу проб дігестату на основі бурякового жому та гною ВРХ

№ пор.	Показники	Біогазові установки					$\bar{X} \pm S_x$	V, %
		1	2	3	4	5		
1	Обмінна кислотність (рН _{сол.})	8,8	7,8	7,6	7,4	8,4	8,0±0,2	7,3
2	Активна кислотність (рН _{вод.})	9,1	8,6	8,4	7,9	8,4	8,5±0,2	5,1
3	Вологість, %	65,2	71,6	72,7	81,5	41,5	66,5±6,8	22,8
4	Уміст сухих речовин, %	34,8	28,4	27,3	18,5	58,5	33,5±6,8	45,2
<i>Загальний уміст, % у сухій речовині</i>								
5	Азот (N)	2,38	1,67	2,48	3,04	1,44	2,20±0,29	29,4
6	Фосфор (P ₂ O ₅)	0,56	0,39	0,49	0,76	0,67	0,57±0,07	25,4
7	Калій (K ₂ O)	0,42	0,19	0,48	0,50	0,39	0,40±0,06	31,2
8	Натрій (Na ₂ O)	0,08	0,08	0,19	0,37	0,16	0,18±0,05	67,5
<i>Мікроелементи у сухій речовині, мг/кг</i>								
9	Мідь	17,1	9,1	0,9	0,9	1,7	5,9±3,2	120,0
10	Цинк	45,0	19,8	6,1	6,0	4,8	16,3±7,7	105,0
11	Марганець	272,5	246,3	316,7	282,6	112,3	246,1±35,3	32,1
12	Залізо	2782,5	2642,5	1508,7	1885,0	1056,2	1975,0±329,2	37,3
<i>Важкі метали у сухій речовині, мг/кг</i>								
13	Свинець	5,0	6,3	12,0	3,8	9,8	7,4±1,5	46,4
14	Кадмій	0,5	0,7	0,5	0,6	0,9	0,6±0,1	26,1
15	Нікель	6,3	3,6	2,0	1,7	3,7	3,5±0,8	52,8

Примітка (до табл 2, 3): *дігестати № 1–5 – на основі бурякового жому та гною ВРХ.

ного азоту в дігестатах різнився у 2 рази, фосфору – у 1,5, калію – у 1,3 рази, а сухих речовин – варіював у межах 18,5–58,6%. Спостерігалася і значна варіабельність (V = 26,1–120,0%) дігестатів за вмістом мікроелементів та важких металів. Дігестат біогазової установки № 1 відзначався значно вищим умістом міді, цинку, заліза порівняно з іншими пробами, а проби № 3 і 5 мали вищий, у 1,5–3,1 рази, уміст свинцю.

Загалом, субстрати, отримані внаслідок анаеробного бродіння органічних речовин, за вмістом нутрієнтів можуть застосовуватись як органічне добриво, збагачене азо-

том. Так, уміст азоту становив 1,44–3,04%, фосфору – 0,49–0,76, калію – 0,39–0,50% у сухій речовині, що за нативної вологості набувало значень 0,56–0,84; 0,13–0,34; 0,09–0,23% відповідно. Втім у дігестатах необхідно контролювати кількість мікроелементів і важких металів.

Після фільтрації дігестату отримують рідку фракцію, яка може використовуватись повторно у технологічному циклі або, зважаючи на збагаченість нутрієнтами, застосовуватись для удобрення. Розподіл рідкої та твердої фази відпрацьованого субстрату є важливим щодо його подаль-

шого зберігання і використання, оскільки необхідність у добривах має сезонний характер (табл. 3, 4).

Виявлено, що рідка фракція дигестату є збагачена нутрієнтами, особливо азотом із переважанням амонійних сполук (понад 60%) і калієм за співвідношення

Таблиця 3

Результати аналізу рідкої фракції (фільтратів) на основі бурякового жому та гною ВРХ

№ пор.	Назва показника	Біогазові установки	
		1	2
1	Кислотність (рН)	7,8	8,1
2	Вологість, %	98,4	97,6
3	Уміст сухих речовин, %	1,6	0,54
4	Густина, г/см ³	1,008	1,010
<i>Загальний уміст, % у сухій речовині</i>			
5	Азот (N)	0,12	0,21
6	Фосфор (P ₂ O ₅)	0,017	0,090
7	Калій (K ₂ O)	0,12	0,31
8	Натрій (Na ₂ O)	0,02	0,09
			%
9	Нітратний азот (N-NO ₃)	–	0,006
10	Амонійний азот (N-NH ₄)	–	0,129
11	Водорозчинний фосфор (P ₂ O ₅)	–	0,037
12	Водорозчинний калій (K ₂ O)	–	0,161
13	Водорозчинний натрій (Na ₂ O)	–	0,057
14	Водорозчинний хлор (Cl)	–	0,064
			мг/л
<i>Мікроелементи</i>			
		мг/л	у сухій речовині, мг/кг
15	Загальний кальцій (Ca)	–	1,77
16	Загальний магній (Mg)	–	0,75
17	Мідь	1,38	77,5
18	Цинк	3,75	397,8
19	Марганець	7,66	247,3
20	Залізо	127,2	757,6
<i>Важкі метали</i>			
		мг/л	у сухій речовині, мг/кг
21	Свинець	0,18	6,3
22	Кадмій	0,02	0,6
23	Нікель	0,23	10,2

Агрохімічна оцінка якості фільтрату

№ пор.	Назва показника	Фактичний уміст				$\bar{X} \pm S_x$	V, %
		3*	4	5	6		
1	pH розчину	7,6	7,6	5,1	5,0	6,3±0,7	23,2
2	Вологість, %	95,8	96,9	97,4	94,0	96,0±0,7	1,6
3	Уміст сухих речовин, %	4,19	3,04	2,60	6,02	3,96±0,76	38,5
4	Густина, г/см ³	0,98	0,99	1,00	1,01	1,00±0,01	1,30
<i>Уміст у сирій речовині</i>							
5	Уміст органічної речовини в перерахунку на вуглець (C), %	1,09	0,79	0,63	1,91	1,11±0,28	51,5
6	Загальний азот (N), %	0,16	0,14	0,10	0,20	0,15±0,02	27,7
7	Амонійний азот (N-NH ₄), %	0,14	0,12	0,09	0,13	0,12±0,01	18,0
8	Нітратний азот (N-NO ₃), мг/л	123,0	195,0	575,4	812,8	426,5±162,5	76,2
9	Рухомий хлор (Cl), мг/л	236,1	248,5	171,1	188,1	210,9±18,6	17,6

Примітка: *фільтрат № 3 і 4 – на основі бурякового жому та гною ВРХ, № 5 і 6 – на основі силосу кукурудзи і пташиного посліду.

N:P:K – 1–1,75:0,1–0,75:1,0–2,58 з високою мінливістю ($V = 38,6–96,5\%$). Уміст рухомих сполук мікроелементів і важких металів у перерахунку на суху речовину не перевищував гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Виявлено, що рідка фракція відходів біогазових установок також містить значну кількість нітратів та рухомого хлору. Їх уміст був у межах 123–812 мг/л за значного варіювання – відповідно $V = 76,2\%$ та 171,1–236,1 мг/л (за середнього рівня варіювання – 16,5%). Фільтрати № 1–4 за використання бурякового жому та гною ВРХ можна застосовувати для поливу і удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах, а проби № 5, 6, отримані на основі силосу кукурудзи і пташиного посліду, – на нейтральних ґрунтах, але за умови контролю вмісту важких металів, мікроелементів і водорозчинного хлору. Також потрібно вживати запобіжних заходів щодо використання рідкої фракції з дігестатів, оскільки через збагаченість

її нутрієнтами надходження фільтрату до поверхневих водойм може викликати потужну евтрофікацію і порушити баланс мікробного пулу водойми.

ВИСНОВКИ

Агрохімічна експертиза хімічного складу наданих проб дігестатів і побічного продукту (фільтрату) виявила високий уміст основних поживних речовин, що підтверджує можливість застосування їх як добрив для сільськогосподарських культур. Основною властивістю дігестатів на основі бурякового жому, як добрив, є лужна реакція середовища з переважанням умісту азоту над іншими елементами у співвідношенні N:P:K – 1:0,2–0,47:0,16–0,27. Використання як сировини для ферментації кукурудзяного силосу та пташиного посліду призводило до зниження водневого показника pH та інших показників. Отже, внесення дігестатів і фільтрату потребує обов'язкового контролю на вміст політантів у цих видах органічних добрив.

ЛІТЕРАТУРА

1. Біогазові системи та їх використання у сільгоспвиробництві [Електронний ресурс] / С.Є. Чернявський, В.І. Халак, О.І. Стадницька, Л.В. Ференц. — Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8389-biohazovi-systemy-ta-ikh-ykorystannia-u-silhospyvrobnytstvi.html>
2. Сидоров Ю.І. Сучасні біогазові технології [Електронний ресурс] / Ю.І. Сидоров // *Biotechnologia acta*. 2013. — Vol. 6, No. 1. — ISSN 2410-776X. — Режим доступу: [file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20\(1\)](file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20(1))
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС» від 3 вересня 2014 р. № 791-р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80>
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» від 1.10.2014 р. № 902 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>
5. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://sae.gov.ua/en>
6. Украина сосредоточится на производстве биогаза? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://news.tradedir.ru/agriculture/news1840.htm>
7. Ацакатов М. Биоэнергия — иллюзия или реальность? [Електронний ресурс] / М. Ацакатов // Полярная Звезда — сетевой журнал. — Режим доступу: <http://zvezda.ru/economics/2007/06/26/bio.htm>
8. Паламаренко Я.В. Сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України / Я.В. Паламаренко // Інвестиції: практика та досвід. — 2019. — № 21. — С. 54–62.
9. Маменко О.М. Нетрадиційні відновлювані джерела енергії та перспективи виробництва біогазу в умовах тваринницьких комплексів / О.М. Маменко, С.В. Портянник // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини. — 2016. — Вип. 32(1). — С. 231–249.
10. Скляр О.Г. Аналіз органічних добрив після анаеробної ферментації / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (Умань, 23–24 травня 2019 р.). — Умань, 2019. — С. 68–70.
11. Скляр О.Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Праці ТДАТУ. — 2013. — Вип. 13. — Т. 3. — С. 110–118.
12. Екотоксикологічна оцінка біодобрив (продуктів ферментації біогазової установки) на предмет їх відповідності вимогам органічного землеробства / Н.А. Макаренко, В.І. Бондарь, Г.М. Борщ, А.В. Сальнікова // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2014. — № 4. — С. 20–24.
13. Дігестат як компонент добрив [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/16286-digestat-ia-komponent-dobryv.html>
14. Зінченко В.О. Біомаса як альтернативне джерело енергії / В.О. Зінченко // Екологічний вісник. — 2005. — № 13. — С. 24–25.
15. Максінко Л.М. Біодобриво як продукт утилізації гною методом метанового бродиння і перспективи його використання / Л.М. Максінко, О.Г. Малик, Т.Б. Нагірняк // Вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. — 2015. — Т. 17. — № 3 (63). — С. 403–410.

REFERENCES

1. Cherniavskiy, S.Ye., Khalak, V.I., Stadnytska, O.I., Ferents, L.V. Biohazovi systemy ta yikh vykorystannia u silhospyvrobnytstvi [Biogas systems and their use in agricultural production]. *agro-business.com.ua*. Retrieved from <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8389-biohazovi-systemy-ta-ikh-ykorystannia-u-silhospyvrobnytstvi.html> [in Ukrainian].
2. Sidorov, Yu.I. (2013). Suchasni biohazovi tekhnologii [Modern biogas technologies]. *Biotechnologia acta*, 6, 1. ISSN 2410-776X. Retrieved from [file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20\(1\)](file:///F:/Література%20дігестати/biot_2013_6_1_6%20(1)) [in Ukrainian].
3. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro zatverdzhennia planu zakhodiv z implemtatsii Dyrektyvy Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady 2009/28/ІeS» vid 3 veresnia 2014 r. № 791-r. [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine «On Approval of the Action Plan for the Implementation of Directive 2009/28/ EC of the European Parliament and of the Council» of September 3, 2014 No. 791-p.]. (2014). *zakon5.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80> [in Ukrainian].
4. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro Natsionalnyi plan dii z vidnovliuvanoi enerhetyky na period do 2020 roku» vid 1 zhovtnia 2014 r. № 902 r. [The Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine «On the National Renewable Energy Action Plan for the Period until 2020» of October 1, 2014 No. 902]. (2014). *zakon5.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80> [in Ukrainian].
5. Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia Ukrainy [State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine]. *sae.gov.ua*. Retrieved from <http://sae.gov.ua/en> [in Ukrainian].

6. Ukraina sredotochitsya na proizvodstve biogaza? [Will Ukraine focus on biogas production?]. *news.tradedir.ru*. Retrieved from <http://news.tradedir.ru/agriculture/news1840.htm> [in Russian].
7. Acakatov, M. (2007). Bioenergiya – illyuziya ili realnost? [Bioenergy – illusion or reality]. *Polyarnaya Zvezda – setevoy zhurnal – Polar Star – online magazine*. Retrieved from <http://zvezda.ru/economics/2007/06/26/bio.htm> [in Russian].
8. Palamarenko, Ya.V. (2019). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku biohazovoi haluzi Ukrainy [The current state and prospects of development of the biogas industry in Ukraine]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investment: practice and experience*, 21, 54–62 [in Ukrainian].
9. Mamenko, O.M., Portiannyk, S.V. (2016). Netradytsiini vidnovliuvani dzherela enerhii ta perspektyvy vyrobnytstva biohazu v umovakh tvarynytskykh kompleksiv [Non-traditional renewable energy sources and prospects of biogas production in conditions of livestock complexes]. *Problemy zoonzhenerii ta veterynarnoi medytsyny – Problems of Zoo Engineering and Veterinary Medicine*, 32(1), 231–249 [in Ukrainian].
10. Skliar, O.H., Skliar, R.V. (2019). Analiz orhanichnykh dobryv pislia anaerobnoi fermentatsii [Analysis of organic fertilizers after anaerobic fermentation]. Proceedings from Innovative technologies for growing, storing and processing products of horticulture and plant production '19: *V Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia (Uman, 23–24 travnia 2019 r.) – 5nd International Scientific and Practical Conference* (pp. 68–70). Uman [in Ukrainian].
11. Skliar, O.H., Skliar, R.V. (2013). Vlastyvosti biodobryv, shcho otrymuiutsia pislia anaerobnoi fermentatsii hnoiu. [Properties of biofertilizers obtained after anaerobic fermentation of manure]. *Pratsi TDATU – Against TDATU*, 13(3), 110–118 [in Ukrainian].
12. Makarenko, N.A., Bondar, V.I., Borshch, H.M., Salnikova, A.V. (2014). Ekotoksykologichna otsinka biodobryv (produktiv fermentatsii biohazovoi ustanovky) na predmet yikh vidpovidnosti vymoham orhanichnoho zemlerobstva [Ecotoxicological evaluation of biofertilizers (fermentation products of biogas plant) for their compliance with the requirements of organic farming]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 20–24 [in Ukrainian].
13. Dihestat yak komponent dobryv [Digestat as a component of fertilizers]. *agro-business.com.ua*. Retrieved from <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/16286-dihestat-iak-komponent-dobryv.html> [in Ukrainian].
14. Zinchenko, V.O. (2005). Biomasa yak alternatyvne dzherelo enerhii [Biomass as an alternative energy source]. *Ekolohichniy visnyk – Ecological Bulletin*, 13, 24–25 [in Ukrainian].
15. Maksishko, L.M., Malyk, O.H., Nahirniak, T.B. (2015). Biodobryvo yak produkt utylizatsii hnoiu metodom metanovoho brodinna i perspektyvy yoho vykorystannia [Biofertilizer as a product of utilization of manure by the methane fermentation method and prospects for its use]. *Visnyk LNUVMBT*

Стаття надійшла до редакції журналу 23.01.2020

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

В.М. Польовий¹, Є.Д. Ткач², Л.Я. Лукашук¹, Г.Ф. Ровна¹,
Б.В. Гук¹, О.В. Курач¹

¹ Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН

² Інститут агроєкології і природокористування НААН

На основі експериментальних даних польових і аналітичних досліджень встановлено оптимальні для Західного Полісся дози та форми вапнякових меліорантів, удобрення, що забезпечують збереження родючості дерново-підзолистого зв'язнощипаного ґрунту і одержання стабільного врожаю ячменю ярого. З'ясовано вплив удобрення ($N_{90}P_{90}K_{90}$), сіркових добрив, позакореневого підживлення мікродобривом, різних доз і видів вапнякових меліорантів на формування морфологічної структури рослин та продуктивність ячменю ярого. Найвищу врожайність 4,08 т/га забезпечило внесення 1,5 дози (Нг) доломітового борошна на фоні рекомендованої дози мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$). Приріст урожаю до контролю (без добрив) становив 2,69 т/га, до фону ($N_{90}P_{90}K_{90}$) — 1,65 т/га. Застосування сіркових добрив (S_{40}) і дворазового позакореневого підживлення мікродобривом Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га) забезпечило зростання врожайності на 7,3%.

Ключові слова: хімічні меліоранти, дози, добрива, врожайність, ячміль ярий.

Відновлення родючості ґрунту та її збереження є першочерговим завданням сучасного землеробства, оскільки це є одним з важливих резервів збільшення виробництва сільськогосподарської продукції [1]. Оптимальні умови росту і розвитку рослин забезпечуються завдяки усьому комплексу фізико-хімічних властивостей, біологічних і агрохімічних показників ґрунту та їх динаміки у річному циклі [2].

Це особливо актуально для сільськогосподарського використання дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся, що характеризуються низьким рівнем природної родючості та кислотою реакцією ґрунтового розчину [3]. Кислотність — це результат багатомірного процесу вимивання опадом з ґрунту кальцію і магнію та збагачення його водневим іоном — першоджерелом кислотої реакції ґрунту. Відомо, що реакція ґрунтового розчину є одним з основних показників рівня родючості ґрунту майже для всіх сільськогосподарських культур, тому що є інтегральним показником цілого

комплексу його властивостей, серед яких: уміст доступних для рослин рухомих форм поживних речовин та мікроелементів; рухомість алюмінію, значне накопичення якого (особливо на сильно- та середньокислих ґрунтах) може негативно впливати на ріст і розвиток більшості культур, знижувати врожайність на 20–50% [4–6].

Недобір валових зборів зерна через негативний вплив кислотності ґрунту щороку становить близько 1 млн 350 тис. т зернових одиниць. Найбільше знижується (до 40%) врожайність озимої та ярої пшениці, ячменю, кукурудзи, ріпаку, бобових культур, що є чутливими до кислотої реакції ґрунтового середовища. Кислі ґрунти піддаються процесам ущільнення як підорного, так і посівного горизонту, зменшенню пористості, порушенню водно-повітряного режиму, знеструктуренню, кіркоутворенню та ерозійним процесам. Крім недобору врожаю, все це призводить до значного зниження використання рослинами елементів живлення з ґрунту [7, 8]. Саме тому ведення конкурентоспроможного агропромислового виробництва на цих ґрунтах мож-

ливо лише за умови комплексного вжиття ґрунтозахисних заходів та відновлення їх агропотенціалу внаслідок застосування добрив та вапнування, без яких подальше підвищення врожайності на таких ґрунтах неминуче призведе до виснаження та зниження продуктивності [9].

Для сучасного землеробства проблема родючості ґрунтів залишається надзвичайно актуальною. За останні два десятиліття у зоні Полісся України проявилася стійка тенденція до зменшення використання у землеробстві органічних, мінеральних добрив і вапнякових меліорантів. Це спричинило порушення екологічної рівноваги між основними елементами живлення рослин, негативний баланс органічної речовини ґрунту, збільшення площ кислих ґрунтів. За кислотності рН = 5,5 (слабокисла реакція ґрунтового середовища) рослинами може бути засвоєно не більш як 70% наявних у ґрунті азоту і калію, до 50 – кальцію і магнію і лише 10% фосфору. За вищої кислотності (меншому значенні рН) рівень засвоєння рослинами поживних речовин зменшується ще більше, тобто ефективність внесених добрив є майже нульовою [10].

Близько 1,4 млн га орних земель Західного Полісся мають підвищену кислотність ґрунтового розчину, і їх площі постійно зростають через мізерні обсяги вапнування. Це призводить до зменшення врожайності всіх культур, але насамперед конкурентоспроможних, що зумовлює істотне зниження загальної ефективності землеробства в регіоні. Однією з таких культур є ячмінь ярий, чутливий до кислотності ґрунтового розчину і з позитивним реагуванням на вапнування. Залежно від типу ґрунту рН має становити 6,0–7,5. За узагальненими даними наукових установ на дерново-середньопідзолистому супіщаному ґрунті вапнування в дозі 0,5 і 1,0 CaCO₃ сприяє приросту врожайності ячменю ярого на 44,4 і 66,6% відповідно. Високу ефективність вапна встановлено на темно-сірому опідзоленому ґрунті, 1,0 доза якого підвищила врожайність зерна на 14,2% [6, 11].

У більшості публікацій, присвячених проблемам вапнування кислих ґрунтів,

учені наводять оптимальні інтервали значень рН ґрунтового розчину, за яких відбувається зниження врожайності ячменю ярого. За рН менше ніж 4,6 недоотримується близько 39% урожаю зерна, при рН 4,6–5,0 – 24, при рН 5,1–5,5 – 14%. Підвищити врожайність культури можливо лише за проведення агрохімічної меліорації кислих ґрунтів [12].

Метою досліджень було встановлення закономірностей впливу різних форм і доз хімічних меліорантів у поєднанні з мінеральними добривами на врожайність ячменю ярого за вирощування на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили впродовж 2015–2017 рр. на полях Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН. Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий зв'язнопіщаний. Дослідження проводили на трьох полях, чергування культур – пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, ріпак озимий. Посівна площа ділянки становить 99 м², облікова – 50 м², повторність досліду – триразова. Розміщення варіантів у досліді є послідовним. Технологія вирощування ячменю ярого – загальноприйнята для зони Полісся. Захист від шкідників, хвороб і бур'янів здійснювали за інтенсивною технологією.

Хімічні меліоранти застосовували перед закладанням стаціонарного досліду згідно зі схемою. Мінеральні добрива вносили в дозі N₉₀P₉₀K₉₀, з них амофос і калійні добрива – під зяблеву оранку, азотні та сіркові (S₄₀) – під передпосівну культивуацію, позакоренево підживлювали мікродобривом Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га) у фазу кущіння і виходу в трубку культури.

Аналіз зразків ґрунту проводили за такими методиками: азот гідролізованний – за Корнфільдом, рухомі сполуки фосфору і обмінного калію – за Кірсановим (ДСТУ 4405-2005), рН сольовий за ДСТУ ISO10390-2001, гідролітична кислотність – за Каппеном (ГОСТ 26212-91).

Якісні показники зерна визначали згідно із держстандартами: натурну масу зерна,

вміст у зерні білка, вологість зерна, чистоту зерна — за ДСТУ 3768:2010.

Статистичну обробку отриманих результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим [13] із використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel, Statistica 5.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Урожайність ячменю ярого на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті насамперед залежить від його окультурення. Зокрема, без внесення добрив і хімічних меліорантів у середньому за три роки зібрано лише 1,39 т/га зерна (pH_{KCl} 4,16). Це засвідчує, що такі ґрунти є малопродатними для вирощування культури без попереднього вжиття комплексу агрохімічних заходів для зменшення кислотності та поліпшення поживного режиму (табл. 1, рис.).

Мінеральні добрива у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ зумовили підкислення дерново-підзолистого ґрунту до pH_{KCl} 4,36 (вихідні дані pH_{KCl} 4,57), однак було зафіксовано зростання врожайності на 1,04 т/га, щодо контролю (без добрив) — 1,39 т/га.

Збільшення показника pH_{KCl} до 5,52 (вихідні дані pH_{KCl} 4,35) сприяло підвищен-

ню врожайності ячменю ярого за внесення на фоні удобрення доломітового борошна навіть у невеликих дозах (0,5 Нг) — приріст урожаю становив 1,80 і 0,76 т/га до контролю (без удобрення) та $N_{90}P_{90}K_{90}$ до фону відповідно. З подальшою нейтралізацією кислотності ґрунту врожайність ячменю ярого зростала. Зміна інтервалу кислотності ґрунту до pH_{KCl} 5,83–6,49 забезпечила приріст урожайності до фону на 1,28–1,65 т/га.

Встановлено, що за вивчення впливу повної дози вапнякового борошна ($CaCO_3$) на 5-й рік дії відбулося збільшення показника pH_{KCl} до 5,74 (вихідні дані pH_{KCl} 4,40), що позитивно вплинуло на приріст урожайності — 2,18 т/га до контролю і 1,14 т/га до фону.

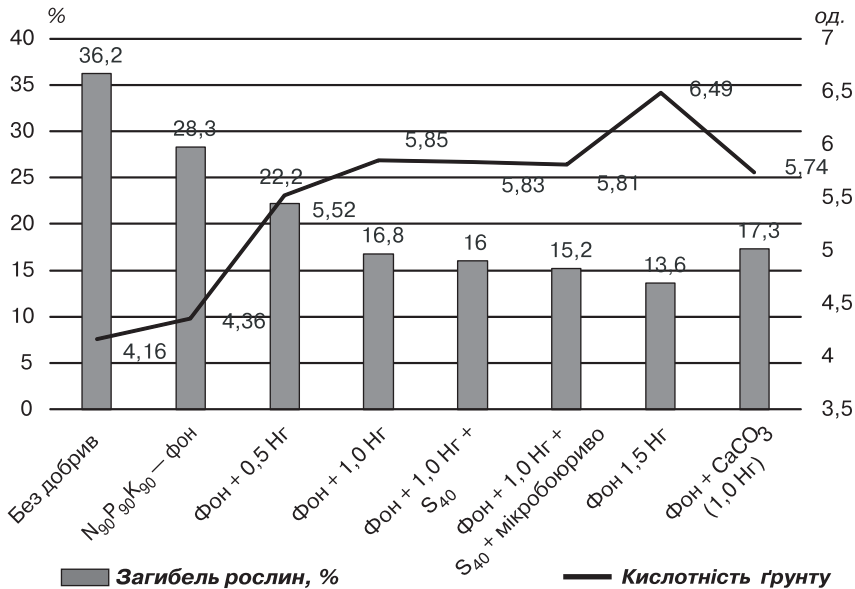
Як свідчать результати досліджень між врожайністю культури і pH_{KCl} ґрунту існує тісний прямий зв'язок, коефіцієнт кореляції відповідає високому рівню ($r = 0,80$).

Врожайність зерна насіння ячменю ярого підвищувалась залежно від удобрення та внесення різних доз меліорантів — від 2,43 до 4,08 т/га, тобто в 1,7–2,9 раза порівняно з контролем (без добрив), де вона становила 1,39 т/га. Істотний приріст урожайності

Таблиця 1

Врожайність ячменю ярого залежно від удобрення та хімічних меліорантів, середнє за 2015–2017 рр., т/га

Варіант	Урожайність зерна	Приріст урожаю	
		до контролю	до фону
Без добрив — контроль	1,39	—	—
$N_{90}P_{90}K_{90}$ — фон	2,43	1,04	—
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (0,5 Нг)	3,19	1,80	0,76
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг)	3,71	2,32	1,28
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) + S_{40}	3,87	2,48	1,44
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) + S_{40} + мікродобриво	3,98	2,59	1,55
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг)	4,08	2,69	1,65
Фон + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	3,57	2,18	1,14
HP_{05}	0,08–0,11		



Кислотність ґрунту та рівень загибелі рослин ячменю ярого залежно від удобрення та хімічних меліорантів, середнє за 2015–2017 рр.

(0,76–1,65 т/га) щодо фону N₉₀P₉₀K₉₀ забезпечило використання меліорантів.

За роки досліджень найвищий рівень врожайності зерна ячменю ярого (4,08 т/га) було одержано за внесення 1,5 дози доломітового борошна на фоні N₉₀P₉₀K₉₀.

За порівняння впливу на врожайність ячменю ярого доломітового та вапнякового борошна встановлено, що внесення однієї дози меліорантів на фоні удобрення N₉₀P₉₀K₉₀ сприяло формуванню приросту зерна – 1,28 та 1,14 т/га відповідно щодо варіанта з внесенням лише мінеральних добрив – 2,43 т/га. Проте на ділянках, де застосовували доломітове борошно, врожайність була вищою на 3,9% порівняно з варіантом, де вносили вапно (CaCO₃).

Внесення однієї дози CaMg(CO₃)₂ на фоні N₉₀P₉₀K₉₀ за поєднання із сірковим добривом (S₄₀) та дворазовим позакореневим підживленням мікроборивом Нутрівант Плюс зерновий (2 кг/га) у фазу кушніння і виходу в трубку рослин збільшило врожайність на 0,16 і 0,27 т/га відповідно.

Зі зниженням кислотності ґрунту поліпшуються умови живлення ґрунту для ячменю ярого, що сприяє істотному зро-

станню показників структури врожаю та кращому виживанню рослин упродовж вегетаційного періоду.

Встановлено, що між загибеллю рослин і рН_{KCl} ґрунту існує тісний зворотний зв'язок, коефіцієнт кореляції ($r = -0,81$).

Без застосування добрив і меліорантів на кислому ґрунті одержано низький урожай унаслідок значної загибелі рослин (36,2%), невисокої кількості сформованих продуктивних стебел (281 од./м²), зерен у колосі (10,7 од.), нижчій масі зерен з колоса (0,49 г) та довжини колоса (4,4 см) (табл. 2, рис.). Внесення повної дози удобрення N₉₀P₉₀K₉₀ сприяло зростанню кількості продуктивних стебел на 13,9%, зерен у колосі – на 53,3, маси зерна з колоса – на 55,1, довжини колоса – на 40,9% порівняно з контролем (без добрив). Загибель рослин унаслідок підкислення ґрунту у цьому варіанті становила 28,3%.

Внесення меліорантів на фоні удобрення сприяло підвищенню показників структури врожаю і виживання рослин. Найвищі результати отримано за застосування доломітового борошна 1,5 дози за гідролітичною кислотністю: кількість

Таблиця 2

Структура врожаю ячменю ярого залежно від удобрення та хімічних меліорантів, середнє за 2015–2017 рр.

№ пор.	Варіант	Кількість продуктивних стебел, од./м ²	Довжина колоса, см	Кількість зерен у колосі, од.	Маса зерен у колосі, г
1	Без добрив – контроль	281	4,4	10,7	0,49
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон	320	6,2	16,4	0,76
3	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	393	6,4	17,2	0,81
4	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	428	6,6	18,0	0,87
5	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀	431	6,8	18,6	0,90
6	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀ + мікродобриво	434	6,9	18,9	0,92
7	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	440	7,1	19,0	0,93
8	Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	426	6,4	17,5	0,84

продуктивних стебел – 440 од./м², зерен у колосі – 19,0 од., довжина колоса – 7,1 см, маса 1000 зерен – 49,0 г, вага зерна з колоса – 0,93 г. Загибель рослин упродовж вегетаційного періоду від сходів до збирання у цьому варіанті була найнижчою – 13,6%. Внесення вапна (CaCO₃) у дозі 1,0 за гідролітичною кислотністю забезпечило дещо нижчі показники в структурі врожаю, ніж у аналогічному варіанті з доломітовим борошном (CaMg(CO₃)₂). Загибель рослин у цих варіантах була невисокою – у межах 16,8–17,3%.

Як засвідчили наші дослідження, добрива і хімічні меліоранти є впливовими чинниками, якими можна регулювати показники якості зерна ячменю ярого (табл. 3). За внесення рекомендованої дози добрив N₉₀P₉₀K₉₀, сіркових добрив (S₄₀), позакореневого підживлення та меліорантів якість зерна покращувалася. Маса 1000 зерен зросла від 46,4 до 49,0 г, натурна маса від 660 до 674 г/л, уміст білка від 9,4 до 12,9%. Найвищу якість зерна одержано за внесення 1,5 норми доломітового борошна на фоні N₉₀P₉₀K₉₀.

Отримані дані свідчать, що зі зниженням кислотності ґрунту на фоні удобрення

N₉₀P₉₀K₉₀ виживання рослин та їх продуктивність зростає.

В умовах ринкових відносин економічна ефективність вирощування ячменю ярого набуває першочергового значення і є одним із найважливіших чинників конкурентоспроможності культури. Добір економічних варіантів технології, які забезпечують окупність затрачених ресурсів з максимальною ефективністю, необхідно розробляти на основі оцінки результатів досліджень та всебічного аналізу елементів технологічного процесу. Це забезпечить зменшення обсягів виробництва продукції, покращення її якості та зниження виробничих витрат.

Для обґрунтування оптимального поєднання досліджуваних агрозаходів була визначена економічна ефективність удобрення та вапнування ячменю ярого.

Аналіз економічної ефективності засвідчив, що із внесенням мінеральних добрив у дозі N₉₀P₉₀K₉₀ без вапнування вирощування ячменю ярого було збитковим, тоді як за використання хімічних меліорантів, зокрема різних доз доломітового борошна, на фоні цього удобрення забезпечило прибутку на рівні 2384–4600 грн/га (табл. 4).

Таблиця 3

Якість зерна ячменю ярого залежно від удобрення та хімічних меліорантів, середнє за 2015–2017 рр.

№ пор.	Варіант	Маса 1000 зерен, г	Натурна маса, г/л	Уміст білка, %
1	Без добрив – контроль	46,0	646	8,3
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон	46,4	660	9,4
3	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	47,1	664	10,3
4	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	48,2	668	11,8
5	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀	48,5	670	12,5
6	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀ + мікродобриво	48,7	672	12,7
7	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	49,0	674	12,9
8	Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	48,0	666	12,3

Таблиця 4

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від удобрення та хімічних меліорантів, середнє за 2015–2017 рр.

№ пор.	Варіант	Приріст урожайності, т/га	Витрати на вапнування та удобрення, т/га	Вартість приросту, грн	Прибуток, грн/га
1	Без добрив – контроль	–	–	–	–
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон	1,04	4686	4561	–125
3	Фон + CaMg((CO ₃) ₂) (0,5 Нг)	1,80	5536	7920	2384
4	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	2,32	6386	10208	3822
5	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀	2,48	7386	10912	3526
6	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀ + мікродобриво	2,59	7602	11396	3794
7	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	2,69	7236	11836	4600
8	Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	2,18	5586	9607	4021

Найбільш рентабельним було застосування доломітового борошна у дозі 1,5 Нг на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$, що обумовлено вищими показниками врожайності зерна і прибутком, який становив 4600 грн/га.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що застосування доломітового борошна на дерново-підзолисто-му зв'язнопіщаному ґрунті в умовах Західного Полісся на фоні мінеральних добрив сприяло зростанню продуктивності ячменю ярого. Найвищу врожайність (4,08 т/га) забезпечило внесення 1,5 дози Нг доломітового борошна на фоні рекомен-

дованої дози $N_{90}P_{90}K_{90}$. Приріст урожаю до контролю (без добрив) становив 2,69 т/га, до фону $N_{60}P_{90}K_{60}$ — 1,65 т/га.

Застосування сіркових добрив (S_{40}) і дворазового позакореневого підживлення мікродобривом Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га) у фазу кушіння і виходу в трубку рослин на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ із внесенням однієї дози доломітового борошна забезпечило зростання врожайності на 7,3%.

Внесення у ґрунт доломітового борошна у дозі 1,5 дози Нг сприяло підвищенню показника pH_{KCl} на 2,02 одиниці (вихідні дані pH_{KCl} 4,47).

ЛІТЕРАТУРА

1. Носко Б.С. Эколого-агрохимическая оценка применения удобрений и мелиорантов в земледелии Украины / Б.С. Носко // Проблемы использования земли в условиях реформирования сельскохозяйственного производства и проведения земельной реформы: тезисы докладов Междунар. науч.-практич. конфер. (Киев, 8–9 июня 1995 г.). — К.; Чабаны, 1995. — С. 14–16.
2. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: моногр. / Г.А. Мазур. — К.: Аграрна наука, 2008. — 308 с.
3. Мельник А.І. Стан і перспективи вапнування ґрунтів в Україні / А.І. Мельник // Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». — 2013. — Вип. 1–2. — С. 16–25.
4. Венгліньський М.О. Рациональне використання кислих ґрунтів / М.О. Венгліньський, Н.В. Годинчук, М.К. Глущенко // Вісник Національного університету водного господарства та природоохористування. — 2014. — Вип. 2. — С. 18–28.
5. Петрунів І.І. Вплив довготривалого застосування органічних, мінеральних добрив та вапнування на продуктивність сільськогосподарських культур / І.І. Петрунів, Г.Й. Сеньків, М.М. Костюк // Передгірське та гірське землеробство і тваринництво. — 2001. — Вип. 43. — Ч. 1. — С. 161–165.
6. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві: моногр. / В.М. Польовий. — Рівне: Волинські Обереги, 2007. — 320 с.
7. Динамика изменения кислотности пахотных земель Украинской ССР за 1965–1980 гг. и эффективности известкования в производственных условиях / [В.П. Григорьев, А.А. Плишко, Н.В. Козлов, Л.Г. Шредер] // Земледелие. — 1985. — № 60. — С. 6–11.
8. Мазур Г.А. Підвищення родючості кислих ґрунтів / Г.А. Мазур, Г.К. Медвідь, В.М. Сімачинський. — К., 1984. — 176 с.
9. Дегодюк Е.Г. Вплив тривалого застосування добрив на агрохімічні показники родючості сірого лісового ґрунту / Е.Г. Дегодюк, М.М. Проненко, Ю.Д. Боднар // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». — 2014. — Вип. 4. — С. 3–8.
10. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування / В.В. Лихочвор. — Львів: Українські технології, 2008. — 312 с.
11. Гуменюк А.І. Вапнування ґрунтів / А.І. Гуменюк. — К.: Урожай, 1968. — 100 с.
12. Серый А.И. Определение поправочных коэффициентов почв в бонитировочных целях / А.И. Серый, В.Г. Полевиченко // Почвоведение. — 1977. — № 2. — С. 141–145.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
14. Гудзенко В.М. Генетичне поліпшення ячменю дворядного ярого за кількісними ознаками у Лісо-степі України / В.М. Гудзенко О.С. Дем'янюк // Агроєкологічний журнал. — 2018. — № 1. — С. 81–86.

REFERENCES

1. Nosko, B.S. (1995). Jekologo agrohimicheskaja ocenka primenenija udobrenij i meliorantov v zemledelii Ukrainy [Ecological and agrochemical assessment of fertilizers and ameliorants application in agriculture of Ukraine]. Problems of land use in the context of agricultural production reform and land reform abstracts of international reports '95: *Mezhdunarodnaia nauchnoprakticheskaja konferentsiia*

- (8–9 iunija 1995 hoda) – *International Scientific and Practical Conference*. (pp. 14–16). Kiev; Chabany [in Russian].
2. Mazur, H.A. (2008). *Vidtvorenna i rehulivanna rodiuchosti lehkykh gruntiv [Reproduction and regulation of light soils fertility]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
 3. Melnyk, A.I. (2013). Stan i perspektyvy vapnuvannia gruntiv v Ukraini [Situation with soils liming and its perspectives in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN» – Proceedings of the National Science Center «Institute of Agriculture of NAAS», 1–2*, 16–25 [in Ukrainian].
 4. Venhliński, M.O., Hodynychuk, N.V., & Hlushchenko, M.K. (2014). Ratsionalne vykorystannia kyslykh gruntiv [Rational use of acidic soils]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia – Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Management*, 2, 18–28 [in Ukrainian].
 5. Petruniv, I.I., Senkiv, H.Y., & Kostiuk, M.M. (2001). Vplyv dohotryvaloho zastosuvannia orhanichnykh, mineralnykh dobryv ta vapnuvannia na produktyvnist silskohospodarskykh kultur [The impact of long term application of organic and mineral fertilizers and liming on productivity of agricultural crops]. *Peredhirske ta hirske zemlerobstvo i tvarynytstvo – Foothill and mountain farming and animal husbandry*, 43(1), 161–165 [in Ukrainian].
 6. Polovyi, V.M. (2007). *Optyimizatsiia system udobrennia u suchasnomu zemlerobstvi [Optimization of fertilization systems in modern agriculture]*. Rivne: Volynski Oberehy [in Ukrainian].
 7. Grigor'ev, V.P., Plishko, A.A., Kozlov, N.V., & Shreder, L.G. (1985). Dinamika izmenenija kislotnosti pahotnyh zemel' Ukrainskoj SSR za 1965–1980 gg. i jeffektivnost' izvestkovanija v proizvodstvennyh uslovijah [Dynamics of changes in acidity of arable lands of Ukrainian SSR from 1965 to 1980 and the efficiency of liming in production conditions]. *Zemledelie – Agriculture*, 60, 6–11 [in Russian].
 8. Mazur, H.A., Medvid, H.K., & Simachynskiy, V.M. (1984). *Pidvyshchennia rodiuchosti kyslykh gruntiv [Improving acid soils fertility]*. Kyiv [in Ukrainian].
 9. Dehodiuk, E.H., Pronenko, M.M., & Bodnar, Yu.D. (2014). Vplyv tryvaloho zastosuvannia dobryv na ahrokhimichni pokaznyky rodiuchosti siroho lisovoho gruntu [The impact of long-term use of fertilizers on agrochemical characteristics of gray forest soil fertility]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» – Proceedings of the Scientific Research Center of the NAAS Institute of Agriculture*, 4, 3–8 [in Ukrainian].
 10. Lykhochvor, V.V. (2008). *Mineralni dobryca ta yikh zastosuvannia [Mineral fertilizers and their application]*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
 11. Humeniuk, A.I. (1968). *Vapnuvannia hruntiv [Soils liming]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
 12. Seryj, A.I., & Polevichenko, V.G. (1977). Opredelenie popravochnykh koeficientov pochv v bonitirovochnykh celjah [Defining correction coefficients of soils for evaluation purposes]. *Pochvozvedenie – Soil science*, 2, 141–145 [in Russian].
 13. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methodology of Field Experiments (with the Basis of Statistical Processing of Research Results)]*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
 14. Hudzenko, V.M., Demianiuk, O.S. (2018) Henedychno polipshennia yachmeni u dvoriadnoho yaroho za kilkinsnyimi oznakamy u Lisostepi Ukrainy [Genetic improvement of barley barley by quantitative traits in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal* 1, 81–86 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020

ВПЛИВ СПОСОБІВ ВИРОЩУВАННЯ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК МЕЛІСИ ЛІКАРСЬКОЇ (*MELISSA OFFICINALIS* L.) В УМОВАХ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

Н.В. Приведенюк, Л.А. Глуценко, В.А. Трубка

Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН

Проведено дослідження зі встановлення впливу площі живлення та способів вирощування розсади на ріст і розвиток меліси лікарської в умовах краплинного зрошення. Виявлено пряму залежність сформованої рослинами меліси лікарської маси наземної частини та площі листового апарату від площі живлення рослин — збільшення площі живлення сприяє збільшенню маси наземної частини та площі листя. Встановлено, що найсприятливіші умови для росту та розвитку меліси лікарської склалися за схеми вирощування: 60×40 см і густоти висаджування 41,7 тис. рослин/га — маса наземної частини однієї рослини другого року вегетації варіювала у межах 332,5–582,4 г, а площа листя — 0,825–1,446 м². Висвітлено, що спосіб вирощування розсади меліси лікарської в касетах за озимої сівби є оптимальним для розвитку рослин, що засвідчили показники маси їх наземної частини та площі листя.

Ключові слова: меліса лікарська, розсада, ріст та розвиток, площа живлення, схема вирощування.

Меліса лікарська — багаторічна трав'яниста рослина родини губоцвітих *Lamiaceae*, що походить зі Східно-Середземноморського регіону та Західної Азії, широко культивується у всьому світі. Культурна надає перевагу піщаним та суглинистим, добре дренованим ґрунтам з кислотністю рН 5–7; здатна формувати врожай як на освітлених, так і на частково затінених ділянках. Рослини, вирощені за помірного освітлення, забезпечують вищу врожайність листя порівняно з тими, які вирощені на добре освітлених ділянках. Меліса лікарська інтенсивно розвивається при температурі повітря у межах 15–35°C і потребує 500–600 мм опадів рівномірно розподілених упродовж вегетації, за недостатнього природного зволоження мелісу вирощують з використанням зрошення. Культурна є особливо чутливою до вологозабезпеченості на першому році вегетації — за формування достатньо розвинутої кореневої системи чутливість до дефіциту вологи зменшується [1–3].

Сировиною меліси лікарської є її наземна частина, зокрема листя — *Folium*

melissae, що має багатовекторне призначення. Використовують мелісу лікарську у фармацевтичній, харчовій та косметологічній промисловості. У медичній практиці — як заспокійливий засіб у разі загального нервового збудження, мігрені, безсоння, порушення ритму серця, змін артеріального тиску під впливом емоційних збуджень, а також порушення травлення, гастриту, коліту тощо [4, 5].

Промислово мелісу вирощують у Єгипті, Індії, Китаї, Туреччині, США та ЄС, серед європейських країн, найбільшими площами, зайнятими культурою, вирізняється Німеччина, Франція, Італія, Румунія, Болгарія [1, 3, 5, 6].

Мелісу лікарську розмножують насінням та розсадою. Насіння рослини — доволі дрібне (маса 1000 насінин становить 0,5–0,7 г), тому закладання плантацій прямим висівом у відкритий ґрунт є складним процесом, особливо без застосування зрошення. На початкових фазах розвитку рослини розвиваються повільно і пригнічуються бур'янами. Вирощування меліси лікарської розсадним способом є доволі привабливим для промислового виробництва — це спрощує догляд за плантація-

ми, рослини краще конкурують з бур'янами, а завдяки продовженню періоду вегетації формують вищий урожай сировини [1, 2, 7–10].

У Лівобережному Лісостепі України за вегетаційний період (квітень–вересень) випадає 280–320 мм опадів, що не забезпечує оптимальних умов для росту і розвитку меліси лікарської та є незадовільним для отримання врожаю сировини в обсязі, який би відповідав генетичному потенціалу культури. Зміни клімату, які спостерігаються останніми роками, зокрема підвищення середньодобової температури повітря і збільшення посушливих періодів, загострюють цю проблему, тому застосування краплинного зрошення для вирощування меліси лікарської є доволі перспективним способом поповнення вологою ґрунту [11–14].

Дослідною станцією лікарських рослин (ДСЛР) ІАП НААН упродовж 2015–2018 рр. були проведені дослідження із встановлення впливу способів вирощування розсади, площі живлення рослин на ріст, розвиток та продуктивність меліси лікарської в умовах краплинного зрошення [4].

Метою досліджень є встановлення впливу способів вирощування розсади та площі живлення рослин на ріст та розвиток меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.) в умовах Лівобережного Лісостепу України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження щодо впливу способів вирощування розсади та площі живлення меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.) за краплинного зрошення проводили в умовах ДСЛР ІАП НААН (с. Березоточа Лубенського р-ну Полтавської обл.).

Об'єктом досліджень була меліса лікарська покращеної популяції.

Ґрунт дослідного поля — чорнозем потужний, малогумусний, (потужність гумусового горизонту — 87–100 см), легкий за гранулометричним складом. Реакція ґрунтового розчину — слабокисла, за обмінною кислотністю ґрунт характеризу-

ється як середньокислий. Забезпеченість ґрунту основними елементами живлення: гідролізованим азотом — низька, рухомим фосфором — дуже висока, обмінним калієм — підвищена. За загальним умістом солей ґрунт відноситься до незасолених. Найменша вологоємність 0–100 см шару — 18,2%, 0–50 см — 17,5%, щільність складення — 1,32 г/см³.

Науково-дослідну роботу виконували відповідно до загальноприйнятих методик проведення польових досліджень з лікарськими культурами (Брикін, 1981), розроблених спільно ДСЛР та Всесоюзним інститутом лікарських рослин (м. Москва, РФ), а також з використанням підходів, викладених у відповідних рекомендаціях (Ромашенко та ін., 2013; Єщенко та ін., 2005; Доспехов, 1985; Бейдеман, 1974; Горянский, 1970).

Упродовж вегетації рослин вологість кореневмісного шару ґрунту підтримували на рівні 80% від найменшої вологоємності. Контроль за вологістю ґрунту здійснювали тензометричним методом. Загальний розмір ділянок — 25–75 м², обліковий — 20–30 м²; повторність — чотириразова. На площі, де було закладено польовий дослід, попередником слугувала пшениця озима.

Основний обробіток ґрунту в осінній період налічував етапи: лущення стерні після зернових культур, зяблеву оранку ґрунту на глибину 22–25 см і дві суцільні культивування для знищення проростків бур'янів.

У ранньовесняний період було вжито захід із «закриття вологи» важкими бородами у два сліди та проведено дві культивування у періоди збільшення проростання однорічних бур'янів. Висаджування розсади було здійснено у третій декаді травня у варіантах з густотою: 42, 56, 83 та 167 тис. рослин/га. Догляд за рослинами здійснювали відповідно до операцій варіантів схеми дослідів — проведення трьох-чотирьох механізованих розпушувань ґрунту в міжряддях. З появою сходів бур'янів проводили також вибіркове ручне прополювання у рядках.

Розсаду вирощували без використання теплиць: у грядках (грядковий спосіб), касе-

тах осіннього та весняного строків висіву (касетний спосіб).

Дослідження із встановлення впливу способів вирощування розсади меліси лікарської та площі живлення рослин на їх ріст і розвиток за застосування краплинної зрошення в Україні проведено вперше.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сівбу меліси лікарської у розсаднику розмноження осіннього терміну здійснювали у третю декаду серпня — першу декаду вересня. За грядкового способу вирощування розсади насіння меліси висівали у гряди з міжряддям 15 см, поверхнево без загортання ґрунтом. За касетного способу вирощування, щоб отримати оптимальну кількість сходів рослин у касетах, у кожному чарунку висівали 6–7 насінин. Потім розсадник розмноження вкривали агроволоконом щільністю 30 г/м², що забезпечувало захист посівів від різких перепадів температури повітря та зменшувало втрати вологи на випаровування, чим покращувало мікроклімат.

У розсаднику розмноження впродовж осіннього періоду, а також навесні після відновлення вегетації до висаджування розсади у відкритий ґрунт, підтримували вологість ґрунту у межах 80–90% від найменшої вологоємності та здійснювали спостереження за ростом та розвитком сходів культури. Початок сходів меліси лікарської осіннього терміну сівби у касетах було зафіксовано на дев'яту добу після висіву, у грядках — на 11-у. До настання зими сходи як у грядках, так і у касетах перебували у фазі 2–3 пар справжніх листків. Для покращення перезимівлі рослин розсадник вкривали солом'яною пшениці озимої шаром 10–15 см.

Навесні, з настанням стійкого потепління, короби звільняли від соломи та проводили оцінку стану рослин після перезимівлі. За необхідності регулювали густоту рослин у чарунках. Відновлення вегетації після перезимівлі відбувалось залежно від погодних умов року. Так, у 2016 та 2017 рр. відновлення вегетації спостерігалось у третій декаді березня, а у 2018 р. — у першій декаді квітня.

Відповідно до схеми досліду весняну сівбу меліси лікарської у касети проводили у першу декаду березня. До появи сходів касети перебували у приміщенні при температурі 21–24°C та були вкриті прозорою поліетиленовою плівкою із щільністю 25 г/м² для запобігання пересиханню ґрунту. Масові сходи меліси спостерігалися на 8–10-й день після сівби.

Висаджування розсади меліси лікарської у відкритий ґрунт здійснювали у третій декаді травня. Розсада, в середньому, була заввишки: вирощена у грядках — 14,3 см, у касетах осіннього терміну сівби — 8,2 та весняного — 5,6 см. На момент висаджування розсади рослини меліси лікарської у касетах осіннього терміну сівби були у фазі 4–6 пар справжніх листків, у грядках осіннього терміну — 3–5, у касетах весняного терміну сівби — 2–4 пар справжніх листків.

Після закладання польового досліду здійснювали спостереження за ростом і розвитком рослин та виконували біометричні виміри.

За результатами досліджень культури рослин першого року вегетації відзначено тенденцію збільшення висоти рослин із зменшенням площі живлення, що пояснюється конкуренцією. Так, максимальну висоту та інтенсивний ріст рослин було зафіксовано у варіантах з найбільшою кількістю висаджених рослин — 166,7 тис./га за схеми 60×10 см. На момент збору врожаю рослини висотою 49,0 см було зафіксовано у варіантах, закладених розсадою із гряд, та — 47,0 см — із касет осіннього терміну сівби. Збільшення площі живлення рослин унаслідок зменшення їх кількості на одиницю площі до 83,3 тис./га за схеми 60×20 см сприяло зменшенню висоти рослин. Так, у варіанті з висадженою розсадою з гряд висота рослин була близько 44,8 см, у варіанті з розсадою із касет осіннього терміну сівби — близько 43,9, весняного терміну — близько 41,2 см. Найнижчі показники за висотою — 36,0–42,9 см зафіксовано у варіантах із густотою стояння розсади 41,7 тис. рослин/га за схеми 60×40 см (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив способів вирощування розсади та площі живлення на ріст і розвиток меліси лікарської першого року вегетації за краплинного зрошення

Спосіб вирощування розсади	Схема висаджування розсади, см (тис. рослин/га)	Висота рослин у фазу стеблуння, см	Маса наземної частини, г/рослину	Площа листя, м ² /рослину
Касетний (осінній посів)	60×10 (166,7)	47,0	86,1	0,194
	60×20 (83,3)	43,9	197,6	0,453
	60×30 (55,6)	42,9	269,5	0,643
	60×40 (41,7)	41,0	347,6	0,863
Касетний (весняний посів)	60×10 (166,7)	42,2	78,9	0,178
	60×20 (83,3)	41,2	171,0	0,392
	60×30 (55,6)	37,9	242,1	0,578
	60×40 (41,7)	36,0	256,7	0,637
Грядковий	60×10 (166,7)	49,0	74,8	0,168
	60×20 (83,3)	44,8	219,5	0,503
	60×30 (55,6)	43,2	280,9	0,671
	60×40 (41,7)	42,9	284,7	0,707
НІР ₀₅ головних ефектів ф. А		0,8	5,3	0,22
НІР ₀₅ головних ефектів ф. В		1,2	12,8	0,30
НІР ₀₅ часткових відмінностей ф. А		0,9	16,1	0,31
НІР ₀₅ часткових відмінностей ф. В		1,4	21,1	0,52

У процесі досліджень було виявлено пряму залежність маси наземної частини рослин меліси та площі листового апарату від площі живлення культури. Так, збільшення площі живлення меліси лікарської сприяє збільшенню маси наземної частини та площі листя.

За густоти висаджування 166,7 тис. рослин/га за схеми 60×10 см маса наземної частини та площа листя були найменші і становили: у варіанті за грядкового способу вирощування розсади 74,8 г та 0,168 м² на 1 рослину; за касетного способу вирощування розсади весняного посіву — 78,9 та 0,178; так само, але озимого посіву — 86,1 г та 0,194 м² на 1 рослину відповідно. Збільшення площі живлення завдяки зменшенню кількості рослин до 83,3 тис./га за схеми вирощування 60×20 см сприяло збільшенню маси наземної частини культури

до 171,0–219,5 г та площі листя до 0,392–0,503 м² на 1 рослину. Найбільшу масу наземної частини та площу листя меліси лікарської було зафіксовано у варіантах з найбільшою площею живлення рослин за схеми їх вирощування 60×40 см із густиною висаджування 41,7 тис./га, де маса трави становила 256,7–347,6 г, а площа листя — 0,637–0,863 м² на 1 рослину.

Спосіб вирощування розсади мав менший вплив на показники маси наземної частини та площу листя. Найбільша маса трави, в середньому за варіантами, становила 150,8 г з площею листя 0,538 м² на 1 рослину за касетного способу вирощування розсади озимого посіву. Найнижчою була маса трави за касетного способу вирощування розсади весняного посіву — 125,0 г з площею листя 0,446 м² на 1 рослину.

Аналізуючи результати досліджень показників насаджень меліси лікарської другого року вегетації було встановлено, що густота висаджування істотно вплинула на висоту рослин. Так, збільшення кількості рослин на одиницю площі сприяло збільшенню їх висоти. За схеми вирощування культури 60×40 см при густоті 41,7 тис./га висота рослин становила 49,6–58,1 см. Зменшення площі живлення внаслідок збільшення кількості рослин до 55,6 тис./га сприяло збільшенню їх висоти до 64,4–73,8 см. Найвищими рослини меліси лікарської (89,8–95 см) були у варіантах за густоти 166,7 тис./га зі схемою вирощування 60×10 см (табл. 2).

Маса наземної частини та площа листя мають пряму залежність від площі жив-

лення рослини — із збільшенням площі живлення збільшувалася і площа листового апарату та маса трави меліси лікарської. Так, найменші масу наземної частини рослини (106,4–158,7 г) та площу листя (0,240–0,358 м²) другого року вегетації було зафіксовано у варіантах при густоті вирощування культури 166,7 тис./га. за схеми висаджування 60×10 см. Збільшення площі живлення завдяки зменшенню кількості рослин до 83,3 тис./га сприяло збільшенню маси трави до 256,6–320,1 г та площі листя до 0,588–0,734 м² на 1 рослину. Найбільшу масу наземної частини рослин меліси лікарської (332,5–582,4 г) та площу листя (0,825–1,446 м²) було зафіксовано у варіантах за схеми вирощування 60×40 см при густоті 41,7 тис. рослин/га.

Таблиця 2

Вплив способів вирощування розсади та площі живлення рослин на ріст і розвиток меліси лікарської другого року вегетації за краплинного зрошення

Спосіб вирощування розсади	Схема висаджування розсади, см (тис. рослин/га)	Висота рослин, см	Маса наземної частини, г/рослину	Площа листя, м ² /рослину
Касетний (осінній посів)	60×10 (166,7)	95,0	106,4	0,240
	60×20 (83,3)	79,4	320,1	0,734
	60×30 (55,6)	72,2	458,7	1,095
	60×40 (41,7)	57,0	478,1	1,187
Касетний (весняний посів)	60×10 (166,7)	92,2	158,7	0,358
	60×20 (83,3)	66,8	270,9	0,621
	60×30 (55,6)	64,4	378,3	0,903
	60×40 (41,7)	49,6	582,4	1,446
Грядковий	60×10 (166,7)	89,8	119,8	0,270
	60×20 (83,3)	73,6	256,6	0,588
	60×30 (55,6)	73,8	303,1	0,723
	60×40 (41,7)	58,1	332,5	0,825
НІР ₀₅ головних ефектів ф. А		1,2	8,8	0,36
НІР ₀₅ головних ефектів ф. В		2,3	21,2	0,41
НІР ₀₅ часткових відмінностей ф. А		1,9	34,5	0,38
НІР ₀₅ часткових відмінностей ф. В		3,2	39,7	0,47

За результатами дослідження впливу способів вирощування розсади на ріст і розвиток меліси лікарської другого року вегетації було встановлено, що найнижчі показники висоти рослин (68,3 см), у середньому за варіантами, було зафіксовано за вирощування розсади в касетах весняного терміну сівби. Найвищі (75,9 см) — у варіантах за вирощування розсади у касетах осіннього посіву.

Найменша маса наземної частини рослин меліси лікарської — 253,0 г з площею листа $0,602 \text{ м}^2$ — була зафіксована у варіантах за вирощування розсади у грядках, а найбільша — 347,6 г з площею листа $0,832 \text{ м}^2$ на 1 рослину — у варіантах за вирощування розсади у касетах осіннього посіву.

ВИСНОВКИ

За дослідження впливу площі живлення меліси лікарської на ріст і розвиток рослин було відзначено тенденцію до збільшення висоти рослин на тлі зменшення площі живлення, що обумовлено посиленням

конкуренції між рослинами. У ході досліджень було виявлено пряму залежність маси наземної частини рослин меліси та площі листового апарату від площі живлення рослин. З'ясовано, що збільшення площі живлення меліси лікарської сприяє збільшенню маси наземної частини рослини та площі її листя завдяки зростанню кількості доступних поживних речовин, соляної радіації та зменшенню конкуренції. Найбільшу масу наземної частини рослин меліси лікарської другого року вегетації (332,5–582,4 г) та найбільшу площу листя ($0,825$ – $1,446 \text{ м}^2$) на 1 рослину було зафіксовано у варіантах за схеми вирощування 60×40 см при густоті висаджування рослин 41,7 тис./га.

Експериментально доведено, що рослини, розсаду яких вирощено у касетах за осінньої сівби, сформувавши в польових умовах найбільшу вегетативну масу та площу листя як на першому, так і на другому році вегетації. Отримані дані використано для рекомендацій виробництву [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Лікарські рослини: технології вирощування та використання / В.Г. Біленко, Б.Є. Якубенко, Я.О. Лікар, В.І. Лушпа. — Житомир: Рута, 2015. — 600 с.
2. Горбань А.Т. Лекарственные растения: вековой опыт изучения и возделывания / А.Т. Горбань, С.С. Горлачова, В.П. Кривуненко. — Полтава: Верстка, 2004. — 232 с.
3. Khalid A. Khalid. The Effects of Harvesting and Different Drying Methods on the Essential Oil Composition of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) / Khalid A. Khalid, Hu Wenli, Cai Weiming // Journal of Essential Oil Bearing Plants. — 2008. — No. 11(4). — P. 342–349.
4. Приведенюк Н.В. Технології розсадного способу вирощування меліси лікарської та материнки звичайної в умовах краплинного зрошення (Рекомендації) / Н.В. Приведенюк, Н.М. Шевчук. — Лубни: ДСЛР ІАП, 2018. — 20 с.
5. Essential Oil Content and Concentration of Constituents of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) at Different Harvest Dates / Hussein A.H. Said-Al Ahl, Ali S. Sabra, Ahmed S.H. Gendy, Tess Astatkie // Journal of Essential Oil Bearing Plants. — 2018. — No. 21(5). — P. 1410–1417.
6. Influence of Cutting and Harvest Day Time on the Essential Oils of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) / Khalid A. Khalid, Hu Wenli, Cai Weiming, S. Hussien Mohammed // Journal of Essential Oil Bearing Plants. — 2009. — No. 12(3). — P. 348–357.
7. Эрднеев А.С. Биологические особенности развития Melissa лекарственной (*Melissa officinalis* L.) в условиях Астраханской области / А.С. Эрднеев, Е.В. Хюпинина // Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой году экологии в России. — Солёное Займище, 2017. — С. 696–698.
8. Особенности размножения Melissa лекарственной (*Melissa officinalis* L.) в условиях Западного Предкавказья / Н.С. Дмитрачкова, Р.Р. Тхаганов, О.А. Быкова, Л.М. Бушковская // Таврический вестник аграрной науки. — 2016. — № 3(7). — С. 7–15.
9. Жамолова Д.Н. Морфобиологические особенности Melissa лекарственной (*Melissa officinalis* L.) / Д.Н. Жамолова, А.А. Маткаримова // Вестник магистратуры. — 2018. — № 1–3(76). — С. 6–9.
10. Хапугин И.А. Влияние минеральных удобрений на морфометрические показатели Melissa лекарственной в условиях Юга Нечерноземной Зоны РФ / И.А. Хапугин // Аграрный научный журнал. — 2019. — № 10. — С. 45–48.
11. Технології вирощування сільськогосподарських культур за краплинного зрошення (рекомендації) (наукове видання) / за ред. М.І. Ромашенка. — К.: «ЦП «Компринт», 2015. — 379 с.
12. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку із змінами клімату / М.І. Ромашенко, О.О. Собко,

- Д.П. Савчук, М.І. Кульбіда. — К.: Інститут гідротехніки і меліорації НААН, 2003. — 96 с.
13. Сайт журналу «LANDLORD» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://landlord.ua/special-projects/nova-karta-klimatychnykh-zon-ukrainy-zmishchennia-na-200-km-na-pivnich/>
14. Мусієнко М.М. Глобальні зміни клімату та концептуальні основи сталого розвитку агроєкосистем / М.М. Мусієнко, Л.М. Бадманова, О.В. Войцехівська // Агроєкологічний журнал. — 2017. — № 2. — С. 21–30.

REFERENCES

1. Bilenko, V.G., Yakubenko, B.E., Likar, Ya.O., Lushpa, V.I. (2015). *Likarski roslini: tehnologiyi viroshchuvannya ta vikoristannya [Medicinal plants: technologies of cultivation and use]*. Zhitomir: Ruta [in Ukrainian].
2. Gorban, A.T., Gorlachova, S.S., Krivunenko, V.P. (2004). *Lekarstvennyye rasteniya: vekovoy opit izucheniya i vozdeliyvaniya [Medicinal plants: centuries-old experience of study and cultivation]*. Poltava: Verstka [in Russian].
3. Khalid, A. Khalid, Wenli, Hu & Weiming, Cai. (2008). The Effects of Harvesting and Different Drying Methods on the Essential Oil Composition of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(4), 342–349 [in English].
4. Privedenyuk, N.V., Shevchuk, N.M. (2018). *Tehnologiyi rozsadnogo sposobu viroshchuvannya melisi likarskoyi ta materinki z vychaynoyi v umovah kraplinnogo zroshennya (rekomentatsiyi) [Seedling technology for growing medicinal and common mother balm under drip irrigation (recommendation)]*. Lubny: DSLR IAP [in Ukrainian].
5. Hussein A.H., Said-Al Ahl, Ali S., Sabra, Ahmed S.H., Gendy, Tess, Astatkie (2018). Essential Oil Content and Concentration of Constituents of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) at Different Harvest Dates. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(5), 1410–1417 [in English].
6. Khalid, A. Khalid, Wenli, Hu, Weiming, Cai, & Mohammed, S. Hussien. (2009). Influence of Cutting and Harvest Day Time on the Essential Oils of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(3), 348–357 [in English].
7. Erdneev, A.S., Hyupinina, E.V. (2017). Biologicheskie osobennosti razvitiya melissy lekarstvennoy (*Melissa officinalis* L.) v usloviyah Astrahanskoj oblasti [Biological features of the development of *Melissa officinalis* (L.) in the conditions of the Astrakhan region]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschyonnoy godu ekologii v Rossii — Materials of the international scientific-practical conference dedicated to the year of ecology in Russia*. (pp. 696–698). Solenoe Zaimishche [in Russian].
8. Dmitrachkova, N.S., Thaganov, R.R., Byikova, O.A., Bushkovskaya, L.M. (2016). Osobennosti razmnozheniya melissy lekarstvennoy (*Melissa officinalis* L.) v usloviyah Zapadnogo Predkavkazya [Features of the reproduction of *Melissa officinalis* (L.) in the conditions of the Western Ciscaucasia]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki — Tauride Journal of Agricultural Science*, 3(7), 7–15 [in Russian].
9. Zhamolova, D.N., Matkarimova, A.A. (2018). Morfobiologicheskie osobennosti melissy lekarstvennoy (*Melissa officinalis* L.) [Morphobiological features of *Melissa officinalis* (L.)]. *Vestnik magistraturyi — Bulletin of the magistracy*, 1–3(76), 6–9 [in Russian].
10. Hapugin, I.A. (2019). Vliyaniye mineralnykh udobreniy na morfometricheskie pokazateli melissy lekarstvennoy v usloviyah Yuga Nechernozemnoy Zonyi RF [The effect of mineral fertilizers on the morphometric indicators of lemon balm in the south of the Non-chernozem Zone of the Russian Federation]. *Agrarnyyi nauchnyy zhurnal — Agrarian Scientific Journal*, 10, 45–48 [in Russian].
11. Romaschenko, M.I. (2015). *Tehnologiyi viroshchuvannya silskogospodarskikh kultur za kraplinnogo zroshennya (rekomentatsiyi) (naukove vidannya) [Technologies for growing crops under drip irrigation (recommendations) (scientific edition)]*. Kyiv: «TsP «Komprint» [in Ukrainian].
12. Romaschenko, M.I., Sobko, O.O., Savchuk, D.P., Kulbida, M.I. (2003). *Pro deyaki zavdannya agrarnoyi nauki i uz'yazku iz zminami klimatu [Some of the challenges of agrarian science in the face of climate change]*. Kyiv: Institut gidrotehniky i melioratsiyi NAAN [in Ukrainian].
13. Sait zhurnalu «LANDLORD» [Site of journal «LANDLORD»]. *landlord.ua*. Retrieved from <https://landlord.ua/special-projects/nova-karta-klimatychnykh-zon-ukrainy-zmishchennia-na-200-km-na-pivnich/> [in Ukrainian].
14. Musiyenko, M.M., Batsmanova, L.M., Voytsekhiv'ska, O.V. (2017). Hlobal'ni zminy klimatu ta kontseptual'ni osnovy staloho rozvytku [Global climate change and the conceptual framework for sustainable development of agroecosystems]. *Ahroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 21–30 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 25.01.2019

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА НАКОПИЧЕННЯ Zn РОЗТОРОПШЕЮ ПЛЯМИСТОЮ (*SILYBUM MARIANUM*) ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

О.П. Ткачук, А.М. Разанова

Вінницький національний аграрний університет

Досліджено інтенсивність накопичення цинку листовою масою і насінням розторопші плямистої за підживлення мінеральними добривами. Встановлено коефіцієнт накопичення і коефіцієнт небезпеки цинку у листовій масі та насінні розторопші плямистої за підживлення її аміачною селітрою, калієм хлористим та суперфосфатом простим. Доведено, що найменше цинку накопичується насінням розторопші плямистої за застосування суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого, а листовою масою — калію хлористого. Найвищий рівень накопичення цинку листовою масою і насінням розторопші плямистої спостерігався за удобрення посівів аміачною селітрою.

Ключові слова: цинк, накопичення, розторопша плямиста, листя, насіння, оцінка.

Останнім часом в Україні значної популярності набувають рослини розторопші плямистої (*Silybum marianum*). Окрім доведених лікувальних властивостей цієї рослини для профілактики хвороб людини, зростає її застосування й у інших сферах. Розторопшу плямисту використовують як овочеву рослину, оскільки її молоде листя має харчову цінність. Також її вирощують як цінний літній медонос, здатний забезпечити медопродуктивність на рівні 50–70 кг меду з 1 га [1, 2].

Практикується використання розторопші плямистої як нетрадиційної кормової культури. У Донецькому ботанічному саду НАН України створено селекційну форму розторопші плямистої, що відрізняється значною вегетативною масою та високою продуктивністю наземної маси (31,7 ц/га у перерахунку на повітряно-суху сировину), а також хорошою кормовою цінністю під час вегетації [3].

Дедалі частіше з'являються повідомлення про введення розторопші плямистої у сівозміну [4]. Проте за браком знань технології її вирощування застосовують, як для ярих ранніх культур широкорядного способу сівби, що адаптовані для регіо-

нальних умов [5, 6]. Розторопша плямиста не є вибагливою до ґрунтів, проте за інтенсивного удобрення істотно збільшує свою вегетативну масу. Таким проявом часто зловживають агрономи — завдяки надлишковому використанню мінеральних добрив досягають формування потужної вегетативної маси рослини [7].

Застосування мінерального удобрення для рослин розторопші плямистої може спричинити накопичення у її вегетативній масі і насінні токсичних речовин, що містяться у цих засобах, зокрема свинцю, кадмію, цинку, ртуті тощо. Особливо це стосується цинку. Цинк є мікроелементом, необхідним для рослин у мікрокількостях, сприяє засвоєнню азоту з ґрунту, бере участь у ферментативних процесах рослини, сприяє утворенню крохмалю [8].

Цинк має значний вплив на окисно-відновні процеси в рослинному організмі, бере участь у синтезі гормону росту (ауксину), утворенні АТФ, хлорофілу, елементів мінерального живлення, поділі клітин, формуванні мітохондрій, прискорює проходження біосинтезу білка, виступає компонентом 40 дихальних ферментів, збільшує вміст аскорбінової кислоти, сухої речовини, впливає на процеси живлення, транспортування речовин, проникність мембран, при-

скорює темпи росту і розвитку, посилює процеси в репродуктивних органах, підвищує стійкість до захворювань, посухо-, жаро-, морозостійкості у рослин [9].

Цинк сприяє засвоєнню міді, бору, регулює обмін фосфору. Проте надмірне живлення рослин цинком призводить не тільки до змін структури листка, а й до токсикації рослини. Обмежувальним чинником для надходження цинку у рослину є система нормативних показників — гранично допустимої концентрації (ГДК) цинку у ґрунті та рослині [10].

Контроль вмісту цинку, як і інших токсикантів, у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої, через недостатню вивченість цієї культури, здійснюється доволі рідко. Це потребує додаткового дослідження інтенсивності накопичення цинку у рослинах розторопші плямистої за сучасних технологій її вирощування, що передбачають застосування широкого спектра мінеральних добрив.

Мета досліджень — встановити інтенсивність накопичення цинку рослинами розторопші плямистої залежно від виду добрив.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили впродовж 2017–2019 рр. на сірому опідзоленому середньосуглинковому ґрунті у господарствах Вінницької обл. Висівали розторопшу плямисту у весняні строки із застосуванням п'яти варіантів удобрення: внесення азотного мінерального добрива — аміачної селітри у дозі 60 кг/га у д.р., фосфорного мінерального добрива — суперфосфату простого — 60, калійного мінерального добрива — калію хлористого — 60, суміші добрив: аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий — N:P:K — 60:60:60 кг/га. Контролем був варіант без використання мінеральних добрив. У фазу досягання плодів їх збирали разом із листовою масою для проведення лабораторного аналізу на вміст цинку у насінні та листі.

Уміст цинку в орному шарі ґрунту (0–30 см), сирій листовій масі та насінні роз-

торопші плямистої визначали у лабораторії Вінницької філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів» атомно-абсорбційним методом.

На основі отриманих результатів лабораторного аналізу вмісту цинку у листовій масі та насінні розторопші плямистої розраховували коефіцієнт накопичення — співвідношення вмісту цинку у рослині і рухомих форм цинку у ґрунті, а також коефіцієнт небезпеки — співвідношення вмісту цинку у рослині і ГДК для визначення небезпеки накопичення цинку рослинами відносно їх ГДК.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Було виявлено накопичення цинку листовою масою розторопші плямистої за внесення мінеральних добрив, особливо аміачної селітри, у величинах, що істотно перевищують ГДК цинку у листовій масі рослин — 10,0 мг/кг у сухій речовині.

Результати досліджень засвідчили, що рослини розторопші плямистої можуть інтенсивно поглинати з ґрунту цинк, навіть за умови його низького вмісту у ґрунті. За внесення у ґрунт мінеральних добрив, що можуть містити цинк як баласт речовин або сприяти перетворенню нерухомих форм цинку у ґрунті в рухомі, спостерігається зростання концентрації елемента у рослинах розторопші плямистої. Вміст цинку у аміачній селітрі згідно з нашими попередніми дослідженнями [11] становить 0,6 мг/кг фізичної ваги, у суперфосфаті — 36,0, калію хлористому — 8,0 мг/кг.

Зокрема, у варіанті без застосування добрив уміст цинку у листовій масі розторопші плямистої становить 2,9 ГДК, за використання калію хлористого і суперфосфату простого — 3,4, суміші мінеральних добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого — 5,0 ГДК. Найістотніше підвищилася концентрація цинку у листовій масі розторопші плямистої за внесення аміачної селітри — 15,6 ГДК (табл. 1).

Уміст рухомих форм цинку у ґрунті після вирощування розторопші плямистої становив 10,04 мг/кг. Коефіцієнт накопичення цинку листовою масою культури у

Інтенсивність накопичення цинку у листовій масі розторопші плямистої

Дослідний матеріал	Варіант удобрення	Концентрація свинцю, мг/кг	ГДК свинцю, мг/кг	Коефіцієнт накопичення свинцю	Коефіцієнт небезпеки свинцю
Ґрунт	–	10,04±0,9	23,0	–	0,43
Листя	аміачна селітра	156,1±5,6	10,0	15,5	15,6
	калій хлористий	33,7±1,7	10,0	3,4	3,4
	суперфосфат простий	34,2±1,5	10,0	3,4	3,4
	аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий	50,3±2,0	10,0	5,0	5,0
	без добрив	28,8±1,3	10,0	2,9	2,9

варіанті без використання добрив був нижчим – 2,9. За застосування суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт накопичення цинку становив 3,4, за внесення суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – 5,0, за використання аміачної селітри – 15,5. Такі високі показники коефіцієнта накопичення цинку вказують на інтенсивне поглинання листовою масою розторопші плямистої цинку з ґрунту як мікроелемента у значно вищих концентраціях, ніж уміст рухомих форм цинку у ґрунті.

Найвищий коефіцієнт небезпеки цинку у листовій масі розторопші плямистої було зафіксовано у варіанті із застосуванням селітри аміачної – 15,6. За внесення суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт небезпеки цинку знизився до 5,0, за внесення калію хлористого і суперфосфату простого – до 3,4.

У варіанті без удобрення посівів розторопші плямистої вміст цинку у її листовій масі становив 28,8 мг/кг у сухій речовині. За використання як добрива калію хлористого вміст цинку зріс на 14,5% і становив 33,7 мг/кг, суперфосфату простого – на 15,8% і становив 34,2 мг/кг. Суміш аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого спричиняє збільшення вмісту цинку у листовій масі розторопші плямистої до 50,3 мг/кг, що на 42,7% більше, ніж у

варіанті без внесення мінеральних добрив. Удобрення посівів розторопші плямистої аміачною селітрою зумовлює найістотніше зростання концентрації цинку у листовій масі – на 81,6%, або 156,1 мг/кг у сухій речовині (рис. 1).

Було виявлено також значне накопичення цинку у насінні розторопші плямистої. Граничнодопустима концентрація цинку у насінні рослин є значно вищою, ніж у листовій масі – 50,0 мг/кг у сухій речовині. У варіанті без застосування добрив уміст цинку у насінні розторопші плямистої становить 1,6 ГДК, за удобрення сумішшю аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – 1,9, суперфосфатом простим – 2,0, калієм хлористим – 2,1, аміачною селітрою – 2,3 ГДК (табл. 2).

Найвищий коефіцієнт накопичення цинку насінням розторопші плямистої було встановлено у варіанті з внесенням аміачної селітри – 11,1. За використання калію хлористого коефіцієнт накопичення дещо зменшується – до 10,6, а суперфосфату простого – до 9,8. Застосування суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого ще більше знижує коефіцієнт накопичення – до 9,2. У варіанті без застосування добрив коефіцієнт накопичення цинку насінням розторопші плямистої був найнижчим – 8,1.

Найнижчий коефіцієнт небезпеки цинку у насінні розторопші плямистої був ви-

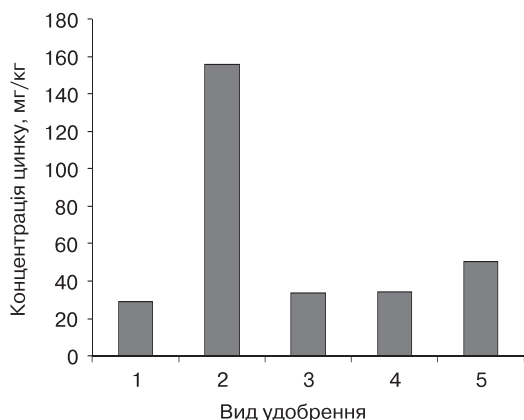


Рис. 1. Порівняльна оцінка накопичення цинку у вегетативній масі розторопші плямистої залежно від виду добрив: 1 — без добрив; 2 — аміачна селітра; 3 — калій хлористий; 4 — суперфосфат простий; 5 — суміш аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого

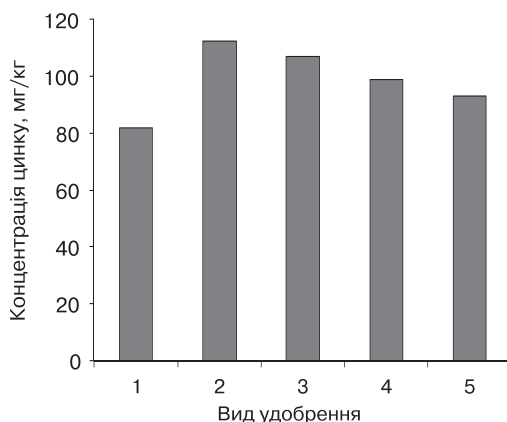


Рис. 2. Порівняльна оцінка накопичення цинку у насінні розторопші плямистої залежно від виду добрив: 1 — без добрив; 2 — аміачна селітра; 3 — калій хлористий; 4 — суперфосфат простий; 5 — суміш аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого

Таблиця 2

Інтенсивність накопичення цинку у насінні розторопші плямистої

Дослідний матеріал	Варіант удобрення	Концентрація свинцю, мг/кг	ГДК свинцю, мг/кг	Коефіцієнт накопичення свинцю	Коефіцієнт небезпеки свинцю
Ґрунт	—	10,04±0,9	23,0	—	0,43
Насіння	аміачна селітра	112,2±5,6	50,0	11,1	2,2
	калій хлористий	107,0±5,4	50,0	10,6	2,1
	суперфосфат простий	99,0±4,5	50,0	9,8	2,0
	аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий	93,0±4,6	50,0	9,2	1,9
	без добрив	82,0±3,7	50,0	8,1	1,6

явлений у варіанті без використання добрив — 1,6. За внесення суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт небезпеки становив 1,9, за використання суперфосфату простого — 2,0, калію хлористого — 2,1, аміачної селітри — 2,2.

Найнижчий уміст цинку було виявлено у насінні розторопші плямистої у варіанті без застосування добрив — 82,0 мг/кг сухої речовини (рис. 2).

Застосування суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого зумовлює збільшення вмісту цинку у сухій речовині насіння розторопші плямистої на 11,8% порівняно з варіантом без внесення добрив — до 92,0 мг/кг. Внесення суперфосфату простого спричиняє зростання вмісту цинку на 17,2% — до 99,0 мг/кг, калію хлористого на 23,4% — до 107,0, аміачної селітри на 26,9% — до 112,2 мг/кг.

ВИСНОВКИ

Встановлено інтенсивне поглинання і накопичення листовою масою та насінням розторопші плямистої цинку у величинах, що значно перевищують ГДК. Це потребує пошуку шляхів зниження рівнів забруднення цинком рослин розторопші плямистої. Зокрема, найменше накопичується цинк у листовій масі та насінні розторопші плямистої за відсутності будь-якого удобрен-

ня посівів культури. У разі застосування добрив найменше цинку накопичується у насінні розторопші плямистої за використання суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого, а у листовій масі — за використання мінеральних добрив калію хлористого. Найбільше накопичення цинку насінням та листовою масою розторопші плямистої спостерігалось за удобрення її посівів аміачною селітрою.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кшникаткина А.Н.* Расторопша пятнистая / А.Н. Кшникаткина, В.А. Гуцина, Н.Д. Агапкин // Пчеловодство. — 2003. — № 3. — С. 26–27.
2. Розторопша є перспективною до вирощування в Україні лікарською рослиною [Електронний ресурс] // Суперагроном. — 2018. — Режим доступу: <https://supragronom.com/news/5963-roztoropsha-ye-perspektivnoyu-do-viroschuvannya-v-ukrayini-likarskoyu-roslynoyu>
3. *Носенко Ю.* Розторопша плямиста — «подарунок Діви Марії» [Електронний ресурс] / Ю. Носенко // Агробізнес сьогодні. — 2019. — Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/ekspertna-dumka/item/8201-roztoropsha-pliamysta-podarunok-divy-marii.html>
4. *Воронцов В.Т.* Досвід вирощування розторопші плямистої на невеликих ділянках та використання її з метою оздоровлення / В.Т. Воронцов, М.М. Опара // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2010. — № 2. — С. 41–45.
5. *Гамаюнова В.В.* Удосконалення окремих агротехнічних прийомів вирощування розторопші плямистої в умовах півдня України / В.В. Гамаюнова, О.В. Дьомін // Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету. — 2015. — № 1 (47). — Т. 1. — С. 139–144.
6. *Тарасюк В.А.* Вплив агротехнічних заходів на густоту стояння рослин розторопші плямистої / В.А. Тарасюк, В.Я. Хоміна // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. — 2014. — Вип. 21. — С. 105–108.
7. Розторопша плямиста [Електронний ресурс] // Пропозиція. — 2008. — Режим доступу: <https://propozitsiya.com.ua/roztoropsha-plyamista>
8. Мікроелементи, їх роль для рослин [Електронний ресурс]. — 2020. — Режим доступу: <http://artahg.com.ua/statti/mikroelementy-yikh-rol-dlya-roslyn.html>
9. Цинк (Zn) має великий вплив на окислювально-відновні процеси в рослинному організмі [Електронний ресурс]. — 2020. — Режим доступу: <https://agro.bio/cink-zn>
10. Цинк. Системний підхід у живленні рослин [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.agroone.info/publication/cink-sistemnij-pidhid-u-mineralnomu-zhivlenni-roslyn/>
11. *Ткачук О.П.* Вплив аміачної селітри на концентрацію важких металів у ґрунті / О.П. Ткачук // Збалансоване природокористування. — 2016. — № 2. — С. 162–165.

REFERENCES

1. Kshnykatkina, A.N., Hushchyna, V.A. & Aghapkin, N.D. (2003). Rastoropsha piatnystaia [Milk thistle spotted]. *Pchelovodstvo — Beekeeping*, 3, 26–27 [in Russian].
2. Roztoropsha ye perspektyvnoiu do vyroshchuvannya v Ukraini likarskoiu roslynoiu [Milk thistle is a promising medicinal plant in Ukraine]. *Superahronom — Super agronomist*. Retrieved from: <https://supragronom.com/news/5963-roztoropsha-ye-perspektivnoyu-do-viroschuvannya-v-ukrayini-likarskoyu-roslynoyu> [in Ukrainian].
3. Nosenko, Yu. Roztoropsha pliamysta — «podarunok Divy Maryi» [A milk thistle is a gift of the Virgin Mary]. *Ahrobiznes sohodni — Agribusiness today*. Retrieved from: <http://agro-business.com.ua/agro/ekspertna-dumka/item/8201-roztoropsha-pliamysta-podarunok-divy-marii.html> [in Ukrainian].
4. Vorontsov, V.T. & Opara, M.M. (2010). Dosvid vyroshchuvannya roztoropshi pliamystoi ta nevelykykh diliankakh ta vykorystannia yii z metoiu ozdorovlennia [Experience of growing thistle spotted and small areas and using it for the purpose of healing]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahromoi akademii — Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 41–45 [in Ukrainian].
5. Hamaionova, V.V. & Domin, O.V. (2015). Udoskonalennia okremykh ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannya roztoropshi pliamystoi v umovakh pivdnia Ukrainy [Improvement of individual agrotechnical methods of cultivation of milk thistle in southern Ukraine]. *Visnik Zhytomirskogo natsionalnogo agroekologichnogo universitetu — Bulletin of Zhytomyr National Agro-Ecological University*, 1 (47), 1, 139–144 [in Ukrainian].

6. Tarasiuk, V.A. & Khomina, V.Ia. (2014). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na hustotu stoiannia roslyn roztoropshi pliamystoi [Influence of agro-technical measures on the density of standing plants of thistle spotted]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv – Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet*, 21, 105–108 [in Ukrainian].
7. Roztoropsha pliamysta [Milk thistle spotted]. *Pro-pozytsiia – Offer*. Retrieved from: <https://propozytsiya.com/ua/roztoropsha-pliamysta> [in Ukrainian].
8. Mikroelementy, yikh rol dlia roslyn [Microelements, their role for plants]. *artahg.com.ua*. Retrieved from: <http://artahg.com.ua/statti/mikroelementy-yikh-rol-dlya-roslyn.html> [in Ukrainian].
9. Tsynk (Zn) maie velykyi vplyv na okysliuvalno-vidnovni protsesy v roslynnomu orhanizmi [Zinc (Zn) has a great influence on the redox processes in the plant organism]. *agro.bio*. Retrieved from: <https://agro.bio/cink-zn> [in Ukrainian].
10. Tsynk. Systemnyi pidkhid u zhyvlenni roslyn [Zinc. Systematic approach in plant nutrition]. *www.agroone.info*. Retrieved from: <https://www.agroone.info/publication/cink-sistemnij-pidkhid-u-mineralnomu-zhyvlenni-roslyn/> [in Ukrainian].
11. Tkachuk, O.P. (2016). Vplyv amiachnoyi selitri na kontsentratsiyu vazhkih metaliv u gruntі [Influence of ammonium nitrate on the concentration of heavy metals in soil]. *Zbalansovane prirodokoristuvannya – Balanced use of nature*, 2, 162–165 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020

УДК 630*2:631.423.3:631.484 (477.42/.81/.82)

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201279>

ВМІСТ ГІДРОЛІЗОВАНОГО АЗОТУ У ҐРУНТАХ ВОЛОГИХ СУГРУДІВ В УМОВАХ ВОЛЬЄРНОГО УТРИМАННЯ МИСЛИВСЬКИХ ТВАРИН НА ТЕРИТОРІЇ ЗАХІДНОГО І ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

О.Л. Кратюк, М.М. Кравчук, Л.Л. Довбиш

Поліський національний університет

Напіввільне утримання тварин спричиняє значний вплив на агроекологічний стан ґрунту. Проаналізовано вміст гідролізованого азоту за Корнфільдом (ДСТУ 7863:2015) у ґрунтах вологих сугрудів на території вольєрів Західного і Центрального Полісся. Зафіксовано підвищення показника на 14,3–35,9% у ґрунтах підгодівельних майданчиків порівняно з контрольними ділянками. Загалом, у обстежених вольєрах мисливських господарств уміст гідролізованого азоту був низьким (106,74±18,78 мг/кг, n = 16) і характеризувався значним рівнем варіювання ознаки — коефіцієнт варіації становив 35,9%. Різні рівні накопичення гідролізованого азоту, на нашу думку, обумовлено, передусім, інтенсивністю і тривалістю експлуатації вольєрів. Так, упродовж періоду спостережень прослідковується чітка лінійна залежність (r = 0,84; R² = 0,70) між тривалістю функціонування вольєра і вмістом гідролізованого азоту у шарі 0–20 см. Проведені дослідження можуть послужити основою для прогнозування на перспективу запасів цього ключового для лісових ценозів елемента живлення на території вольєрів у різних лісорослинних умовах Західного і Центрального Полісся.

Ключові слова: рухомі форми азоту, тип лісорослинних умов, тип лісу, напіввільне утримання.

Наразі у лісовому господарстві України актуальним є забезпечення ефективного моніторингу всіх без винятку складових біогеоценозу, що обумовлено загостренням

проблеми деградації ґрунтового покриву та ускладненням процесів взаємодії диких тварин, навколишнього природного середовища і діяльності людини. В умовах напіввільного утримання мисливських тварин однією з перших реагує на мисливсько-гос-

© О.Л. Кратюк, М.М. Кравчук, Л.Л. Довбиш, 2020

подарський тиск саме ґрунтова екосистема. Актуальність вказаної проблематики зростає в умовах Правобережного Полісся, яке характеризується домінуванням бідних за родючістю ґрунтів з низькою екологічною стійкістю, обмеженою здатністю до саморегуляції та виконання ними продукційних функцій.

Для ґрунтів лісових ценозів Полісся характерними є низькі запаси рухомих форм азоту та напружені режими щодо фосфору і кальцію, передусім, через високу потребу у цих біофільних елементах [1–3]. Відомо, що напіввільне утримання тварин має значний вплив на агроекологічний стан ґрунтової екосистеми [4]. Поряд з тим складність прогнозування зміни запасів азоту, фосфору та кальцію у вольєрах мисливських господарств зумовлено дефіцитом відповідних лабораторних досліджень і відсутністю репрезентативної вибірки зразків, які б охоплювали різні лісорослинні умови.

Слід зауважити, що у формуванні лісових ценозів на бідних ґрунтах істотно зростає роль лісової підстилки [2, 4]. За таких умов вона сприяє оптимізації ґрунтових режимів, виконує ґрунтозахисну функцію і є джерелом поживних речовин. Проте у вольєрах обмеженість площі та висока щільність популяцій тварин активно впливають на поверхню ґрунту та стан лісової підстилки. Це зумовлює посилення процесів деградації лісових ґрунтів, як-от: переущільнення, забруднення біогенними елементами, послаблення біологічної активності і екологічних функцій [5–7].

З огляду на необхідність оцінки запасів доступного азоту як одного з основних обмежувальних чинників продуктивності лісових ценозів, в умовах напіввільного утримання мисливських тварин це завдання є доволі актуальним.

Мета роботи полягала в аналізі закономірностей впливу напіввільного утримання мисливських тварин на вміст гідролізованого азоту у ґрунтах вологих сугрудів на території вольєрів Західного і Центрального Полісся.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження — процес накопичення гідролізованого азоту у ґрунтах вологих сугрудів на території вольєрів Західного і Центрального Полісся. *Предмет дослідження* — закономірності впливу напіввільного утримання мисливських тварин на вміст гідролізованого азоту.

Відбір зразків ґрунту проводили на ділянках найінтенсивнішого впливу мисливської фауни на ґрунти (підгодовельні майданчики) у вологих сугрудах (С₃) на території семи вольєрів різної тривалості експлуатації та видового складу тварин, а саме: ТОВ «МСК «Сокіл», ТОВ МГ «Сарненське» (Західне Полісся), ТОВ «УТМР», ТОВ «МРК «Рись», ДП «Білокоровицьке ЛГ», ДП «Городницьке ЛГ», ДП «Короштишівське ЛГ» (Центральне Полісся). У вольєрах утримуються кабан дикий (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758), олень благородний (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758) та плямистий (*Cervus nippon* Temminck, 1838), лань (*Dama dama* Linnaeus, 1758), козуля європейська (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758), муфлон європейський (*Ovis ammon musimon* Linnaeus, 1758 [Pallas, 1811]) (табл. 1).

Контрольні зразки ґрунту відбирали у насадженнях з аналогічними лісівничотаксаційними показниками поза межами вольєрів. Докладну характеристику місць відбору проб наведено у таблиці 2.

Відбір зразків ґрунту проводили у 2019 р. за загальноприйнятими методиками з шару 0–20 см [8, 9]. Уміст гідролізованого азоту у зразках визначали у вимірювальній лабораторії навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету методом Корнфільда [10]. Статистичну обробку результатів лабораторних досліджень виконували за Б.А. Доспеховим [9] з використанням пакета програм Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На основі аналізу результатів лабораторних вимірів відібраних зразків ґрунту було встановлено, що в обстежених

Таблиця 1

Характеристика вольєрів [4]

Користувач	Вид тварин	Площа вольєра, га	Рік створення	Орієнтовна чисельність тварин, особин
ТОВ «МСК «Сокіл»	<i>Cervus elaphus, Dama dama, Ovis ammon musimon</i>	382,3	2015	250
ДП «Білокоровицьке ЛГ»	<i>Sus scrofa</i>	70,5	2012	50
ДП «Городницьке ЛГ»	<i>Sus scrofa</i>	1,5	2012	з 2017 р. не функціонує
ДП «Коростишівське ЛГ»	<i>Sus scrofa</i>	1,5	2012	з 2017 р. не функціонує
ТОВ «УТМР»	<i>Ovis ammon musimon, Dama dama, Cervus elaphus, Sus scrofa</i>	29,0	1986	40
ТОВ МГ «Сарненське»	<i>Ovis ammon, Dama dama, Capreolus capreolus</i>	30,0	1980	45
ТОВ «МРК «Рись»	<i>Sus scrofa, Ovis ammon musimon, Capreolus capreolus</i>	34,6	1977	30

вольєрах мисливських господарств Центрального та Західного Полісся вміст гідролізованого азоту є низьким ($106,74 \pm 18,78$ мг/кг, $n = 16$) і характеризується значним рівнем варіювання ознаки (кофіцієнт варіації $V = 35,9\%$). Вказаний рівень варіювання показника у подібних за лісівничо-таксаційними характеристиками умовах потребував обґрунтування. Крім того, звертала на себе увагу неоднозначність збільшення показника у вольєрах різних лісництв порівняно з контрольними ділянками. Так, вміст гідролізованого азоту у зразках ґрунту, які відбирали у вольєрах ТОВ «МРК «Рись», ТОВ «УТМР» і ТОВ МГ «Сарненське», був більшим порівняно зі зразками, що були відібрані на контрольних ділянках – на 47,4 мг/кг, або 35,9%, 28,8, або 22,3 та 31,8 мг/кг, або 29,5% відповідно ($t_{\phi} = 2,61$; $t_{05} = 2,45$) (рис. 1). Натомість, у вольєрах ТОВ «МСК «Сокіл», ДП «Білокоровицьке ЛГ», ДП «Городницьке ЛГ» та ДП «Коростишівське ЛГ» різниця між зразками за вмістом гідролізованого азоту становила 7,0–16,8 мг/кг, або 14,3–17,4%.

Різні рівні накопичення гідролізованого азоту, на нашу думку, обумовлено, передусім, інтенсивністю і тривалістю експлуатації вольєрів. Чисельність і, зрештою, щільність тварин у вольєрах постійно змінюється як за весь період існування, так і впродовж року.

Зважаючи на вказані чинники, було здійснено групування вольєрів за ступенем впливу напіввільного утримання мисливських тварин на ґрунти. До першої групи, що характеризується низьким впливом тварин, віднесли вольєри ДП «Городницьке ЛГ» і ДП «Коростишівське ЛГ», на території яких наразі тварини не утримуються; до другої (вплив середньої інтенсивності – щільність тварин 0,7 особини/га) – ТОВ «МСК «Сокіл» і ДП «Білокоровицьке ЛГ» і до третьої (сильний вплив – щільність тварин 0,9–1,5 особини/га) – ТОВ «МРК «Рись», ТОВ МГ «Сарненське» і ТОВ «УТМР». Було встановлено, що за вмістом гідролізованого азоту між першою і другою групами (за ступенем впливу мисливської фауни) достовірної різниці не зафіксовано ($t_{\phi} = 1,86$; $t_{05} = 2,57$). Це обумовлено, насамперед, незначним тер-

Таблиця 2

Лісівничо-таксаційна характеристика насаджень у місці відбору проб ґрунту [4]

Користувач	Лісництво, квартал (виділ)*	Склад доревостану**	Тип лісу	Вік, років	Відносна повнота	Клас бонітету
ТОВ «МСК «Сокил»	Суське, 16 (31)	9Сз1Гз + Бп + Дз	С ₃ -ГДС	54	0,7	Ia
Контроль	7 (22)	8Сз2Гз + Дз + Бп	С ₃ -ГДС	55	0,7	Ia
ДП «Білокоровицьке ЛП»	Білокоровицьке, 70 (16)	4Дз3Бп2Влч1Ос	С ₃ -ГД	71	0,7	II
Контроль	70 (16)	4Дз3Бп2Влч1Ос	С ₃ -ГД	71	0,7	II
ДП «Городницьке ЛП»	Надслучанське, 12 (19)	10Яле + Дз + Гз + Бп + Ос	С ₃ -ГД	41	0,8	Ia
Контроль	12 (22)	10Яле + Дз + Гз	С ₃ -ГД	37	0,8	Ia
ДП «Коростишівське ЛП» 1	Коростишівське 1, 19 (8)	7Дз2Сз1Влч + Бп	С ₃ -ГДС	106	0,65	I
Контроль	19 (8)	7Дз2Сз1Влч + Бп	С ₃ -ГДС	106	0,65	I
ДП «Коростишівське ЛП» 2	Коростишівське 2, 19 (16)	9Сз1Влч + Бп	С ₃ -ГДС	50	0,65	Iб
Контроль	19 (16)	9Сз1Влч + Бп	С ₃ -ГДС	50	0,65	Iб
ТОВ «УТМР»	Новозаводське, 36 (23)	10Сз + Дз + Влч	С ₃ -ГДС	80	0,7	Ia
Контроль	36 (3)	10Сз + Дз	С ₃ -ГДС	65	0,7	Ia
ТОВ МГ «Сарненське»	Костянтинівське, 31 (22)	7Бп2Ос1Гз + Дз + Влч	С ₃ -ГД	50	0,5	I
Контроль	47 (18)	9Бп1Влч	С ₃ -ГД	50	0,7	Ia
ТОВ «МРК «Рись»	Пищівське, 92 (16)	6Дз2Влч1Сз1Бп	С ₃ -ГД	135	0,5	III
Контроль	92 (34)	5Дз2Бп2Влч1Сз	С ₃ -ГД	76	0,6	I

Примітка: * лісівничо-таксаційні показники деяких пробних площ є однаковими, оскільки таксаційні виділи були розділені під час будівництва вольтерів; ** Сз – сосна звичайна, Дз – дуб звичайний, Яле – ялина європейська, Влч – вільха чорна, Гз – граб звичайний, Ос – осика, Бп – береза повисла.

міном експлуатації вольєрів, що становить 4–7 років.

Крім того, важливо було проаналізувати запаси гідролізованого азоту в ґрунтах вольєрів залежно від різного терміну їх закладання. У методичному аспекті таке порівняння є доволі складним, оскільки потребує ретельного підбору місць відбирання зразків ґрунту, які, згідно з принципом єдиної відміни, характеризуються подібними лісівничо-таксаційними та іншими умовами. Проте воно відображає загальну тенденцію зміни показника у конкретних лісівничо-таксаційних умовах упродовж тривалого періоду. Так, у ТОВ «УТМР» термін експлуатації вольєра становив 33 роки, а вміст гідролізованого азоту – 139,6 мг/кг (низький згідно із ДСТУ 4362:2004), у ТОВ МГ «Сарненське» і ТОВ «МРК «Рись» – 39 і 42 роки, а вміст – 157,8 і 179,4 мг/кг відповідно. Це значно перевищує відповідні показники щодо інших вольєрів ($t_{\Phi} = 3,17$; $t_{05} = 2,31$). Загалом, під час аналізу результатів агрохімічних показників прослідковується чітка лінійна залежність між тривалістю функціонуван-

ня вольєра і вмістом гідролізованого азоту в шарі 0–20 см, що описується лінійним рівнянням (рис. 2):

$$\begin{aligned} \text{Nitrogen} &= 77,0476 + 2,2042 \times \\ &\times \text{Expiry date of sanctuaries} \\ &(r = 0,84; R^2 = 0,70). \end{aligned}$$

Таку тенденцію до накопичення гідролізованого азоту за тривалої експлуатації вольєрів у мисливських господарствах, на нашу думку, обумовлено не тільки значним надходженням азоту із сечею диких тварин, особливо поблизу підгодівельних майданчиків, але й природним процесом ґрунтоутворення за гумусово-аккумулятивним (дерновим) типом, хоча й у послабленому вигляді, оскільки чітко простежується тенденція до збільшення рівня цього показника в ґрунтах вологих сугрудів, навіть поза вольєрами ($r = 0,75$; $R^2 = 0,56$) (рис. 1).

Відомо, що дерновий процес ґрунтоутворення характеризується, передусім, накопиченням гумусу та біофільних елементів. Покращення агрохімічних і агрофізичних показників ґрунту під листяними насадженнями зафіксовано й іншими до-

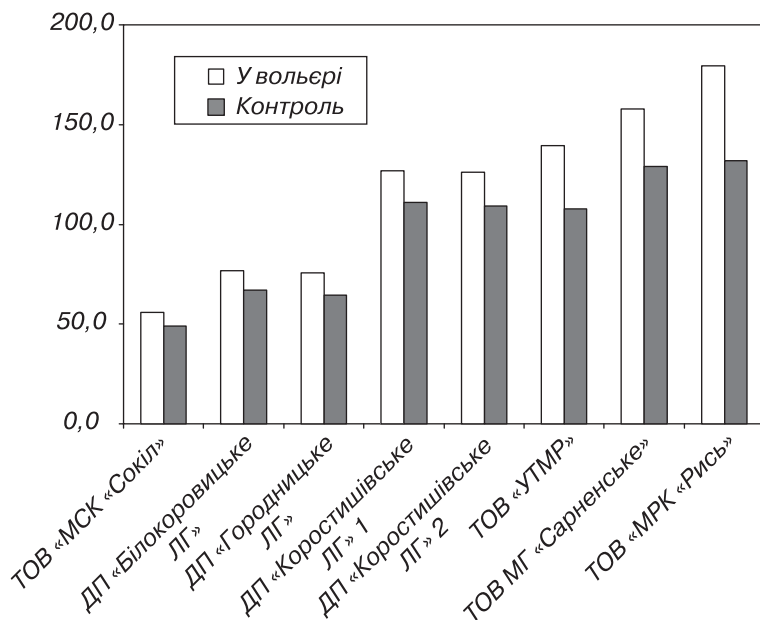


Рис. 1. Уміст гідролізованого азоту в ґрунтах вологих сугрудів на території вольєрів Західного і Центрального Полісся, мг/кг

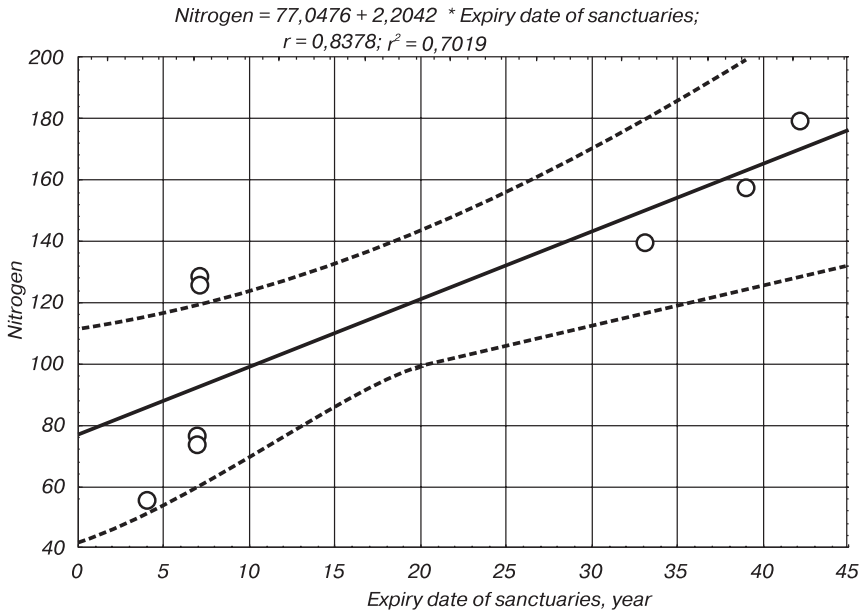


Рис. 2. Лінійна залежність вмісту гідролізованого азоту в ґрунтах вологих сугрудів на території вольтерів від тривалості їх експлуатації

слідженнями [11], де йдеться, що заліснення орних чорноземів (40–65 років) забезпечує поліпшення всіх показників ґрунту (гумусу, запасів поживних речовин, обмінного кальцію), відповідної зміни біологічної активності та оптимізації структурно-агрегатного стану ґрунтової маси, тобто за направленістю і специфікою є подібним до дернового процесу ґрунтоутворення під трав'яними ценозами [11, 12].

ВИСНОВКИ

ґрунти вологих сугрудів на території вольтерів мисливських господарств Західного і Центрального Полісся характеризуються низьким умістом гідролізованого азоту – $106,74 \pm 18,78$ мг/кг і значним рівнем варіювання ознаки – коефіцієнт варіації становить 35,9%.

Утримання тварин на території мисливських господарств Західного і Центрального Полісся забезпечило позитивну тенденцію до накопичення гідролізованого азоту за тривалої експлуатації вольтерів. Так, у зразках ґрунту, відібраного у вольтерах ТОВ МГ «Сарненське», ТОВ «УТМР» і ТОВ «МРК «Рись», вміст гід-

ролізованого азоту був істотно вищим порівняно зі зразками, що були відібрані за межами вольтерів – приріст становив 28,8–47,4 мг/кг, або 22,3–35,9%, що обумовлено не тільки надходженням азоту з сечею диких тварин, але й природним процесом ґрунтоутворення за дерновим типом. У вольтерах із незначним ступенем впливу тварин та нетривалим терміном експлуатації зафіксовано чітку позитивну тенденцію до покращення показника – приріст на рівні 14,3–17,4% порівняно з контролем.

Як засвідчили проведені дослідження, навіть за умови сильного впливу мисливських тварин упродовж тривалого періоду експлуатації вольтерів (39–42 роки), вміст гідролізованого азоту підвищився до 179,4 мг/кг (середній рівень), що є позитивним явищем для лісових ценозів, де азот є обмежувальним чинником.

Проведені дослідження можуть бути основою для прогнозування на майбутнє запасів цього ключового для лісових ценозів елемента живлення на території вольтерів у різних лісорослинних умовах Західного і Центрального Полісся.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галич М.А. Агроєкологічні основи використання земельних ресурсів Житомирщини / М.А. Галич, В.П. Стрельченко. — Житомир: Волинь, 2004. — 184 с.
2. Федорец Н.Г. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах / Н.Г. Федорец, О.Н. Бахмет. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. — 240 с.
3. Марткоплишвілі М.М. Ідентифікація потоків азоту у сільському господарстві / М.М. Марткоплишвілі // Агроєкологічний журнал. — 2018. — № 4. — С. 99–103.
4. Кратюк О.Л. Вміст гумусу у ґрунтах вологих сугрудів на території вольтерів Західного і Центрального Полісся / М.М. Кравчук, Л.Л. Довбиш // Науковий вісник НЛТУ України. — 2019. — Т. 29. — № 9. — С. 27–31. doi.org/10.36930/40290904
5. Co-variation relations of physical soil properties and site characteristics of Finnish upland forests / J. Heiskanen, V. Hallikainen, J. Uusitalo & H. Ilvesniemi // *Silva Fennica*. — 2018. — No. 52(3), article id 9948. — 18 p. doi.org/10.14214/sf.9948
6. Юркова Н.Е. Оценка функционального состояния почв Московского зоопарка по микробиологическим показателям [Электронный ресурс] / Н.Е. Юркова, А.М. Юркова, А.В. Смагин // Вестник Московского университета. — 2008. — № 3. — С. 39–44. — (Серия 17: Почвоведение.) — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-funktionalnogo-sostoyaniya-pochv-moskovskogo-zooparka-po-mikrobiologicheskim-pokazatelyam> (дата звернення: 26.02.2020).
7. Оценка экологического состояния почв Ростовского зоопарка / [А.В. Жадобин, К.Ш. Казеев, А.Л. Лесина и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. — 2019. — № 1. — С. 131–141. — (Серия: Прикладная экология. Урбанистика). doi: 10.15593/2409-5125/2019.01.09
8. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб: ДСТУ ISO 10381-2:2004 (ISO 10381-2:2002, IDT). — [Чинний від 2006–04–01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 24 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
10. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда: ДСТУ 7863:2015. — [Чинний від 2016–07–01]. — К.: УкрНДНЦ, 2016. — 6 с.
11. Тихоненко Д. Еволюція чорноземів агрогенного і постагрогенного використання Лівобережного Лісостепу України / Д. Тихоненко, К. Новосад, Д. Гавва // Вісник Львівського університету. — 2013. — Вип. 44. — С. 356–363. — (Серія: географічна). — Режим доступу: http://old.geography.lnu.edu.ua/Public/Period/visn/44/PDF/041_Tykhonenko_Novosad_Gavva.pdf
12. Органическое вещество и биологическая активность постагрогенных почв южной тайги (на примере Костромской области) [А.С. Владыченский, В.М. Телеснина, К.А. Румянцева, Т.А. Чалая] // Почвоведение. — 2013. — Т. 46. — № 5. — С. 518–529. doi: <https://doi.org/10.7868/S0032180X1305016X>

REFERENCES

1. Halych, M.A., & Strelchenko, V.P. (2004). *Ahroekolohichni osnovy vykorystannia zemelnykh resursiv Zhytomyrshchyny* [Agroecological bases of land use of Zhytomyr region]. Zhytomyr: Volyn [in Ukrainian].
2. Fedorets, N., & Bakhmet, O. (2003). *Ekolohyeheskye osobennosti transformatsyy soedynenyi uhleroda y azota v lesnykh pochvakh* [Ecological settings of carbohydrate and nitrogen transformations in forest soils]. Petrozavodsk: Karelskiy nauchnyi tsentr RAN [in Russian].
3. Martkoplshvili, M. (2018). Identyfikaciya potokiv azotu u silskomu gospodarstvi [Identification of nitrogen flows in agriculture]. *Agroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 99–103 [in Ukrainian].
4. Kratiuk, O.L., Kravchuk, M.M., & Dovbysh, L.L. (2019). Vmist humusu u gruntakh volohykh sugrudiv na terytoriyi vol'yeriv Zakhidnoho i Tsentral'nogho Polissya [Humus content in the soils of wet mixed broadleaved forest conditions on the territories of sanctuaries of Western and Central Polissya]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny — Scientific Bulletin of UNFU*, 29(9), 27–31 [in Ukrainian].
5. Heiskanen, J., Hallikainen, V., Uusitalo, J., & Ilvesniemi, H. (2018). Co-variation relations of physical soil properties and site characteristics of Finnish upland forests. *Silva Fennica*, 52(3), 18 [English].
6. Iurkova, N.E., Iurkov, A.M., & Smagin, A.V. (2008). Otsenka funktsionalnogo sostoianiiya pochv Moskovskogo zooparka po mikrobiologicheskim pokazatelyam [Assessment of the functional state of the soils of the Moscow Zoo by microbiological indicators]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie — Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science*, 3, 39–44. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-funktionalnogo-sostoyaniya-pochv-moskovskogo-zooparka-po-mikrobiologicheskim-pokazatelyam> [in Russian].
7. Zhadobin, A.V., Kazeev, K.Sh., Lesina, A.L., Aleksandrov, A.A., Kravtsova, N.E., & Kolesnikov, S.I. (2019). Otsenka ekologicheskogo sostoianiiya pochv

- Rostovskogo zooparka [Assessment of the ecological condition of soils in Rostov zoo]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika – Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. Urban development*, 1, 131–141 [in Russian].
8. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 2. Nastanovy z metodiv vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling. Part 2. Guidance on sampling methods]. (2006). *DSTU ISO 10381-2:2004 (ISO 10381-2:2002, IDT) from 01st April 2006*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 9. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
 10. Yakist gruntu. Vyznachennia lehkohidrolizovanoho azotu metodom Kornfilda [Soil quality. Determination of easily hydrolyzed nitrogen by the Cornfield method]. (2016). *DSTU 7863:2015 from 01st Juli 2016*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
 11. Tykhonenko, D., Novosad, K., & Havva, D. (2013). Evoliutsiia chornozemiv ahrohennoho i postahrohennoho vykorystannia Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evolution of Black Soil of Agroгенic and Post-Terrestrial Use of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Lviv'skoho universytetu. Seriya heohrafichna – Bulletin of the University of Lviv*, 44, 356–363 [in Ukrainian].
 12. Vladychenskii, A.S., Telesnina, V.M., Rummyantseva, K.A., & Chalaya, T.A. (2013). Organicheskoye veshchestvo i biologicheskaya aktivnost' postagrogennykh pochv yuzhnoy taygi (na primere Kostromskoy oblasti) [Organic matter and biological activity of postagrogenic soils in the southern taiga using the example of Kostroma oblast]. *Pochvozvedeniye – Eurasian Soil Science*, 46(5), 518–529 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 14.01.2020

НОВИНИ

7–8 липня 2020 р. у Інституті агроєкології і природокористування відбудеться
Міжнародна науково-практична конференція
**«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»**

МЕТА КОНФЕРЕНЦІЇ:

обговорення та обмін науково-практичною інформацією результатів досліджень із проблем екологічної безпеки аграрного виробництва, отримання якісної і безпечної сільськогосподарської продукції, збалансованого природокористування, управління агроландшафтами та охорони навколишнього природного середовища.

ТЕМАТИКА І НАПРЯМИ КОНФЕРЕНЦІЇ:

1. Екологічна безпека сільськогосподарського виробництва:

- агроєкологічний моніторинг; біобезпека; органічне виробництво; екологічні проблеми рослинництва і тваринництва, розвитку сільських територій; вплив наслідків аварії Чорнобильської АЕС на агросферу; фітореємедіація та фітомеліорація ґрунтів.

2. Економіка природокористування:

- збалансований розвиток аграрного сектора економіки; ринок, управління ресурсами в АПК; трансфер наукових результатів, інноваційні проекти екобезпеки.

3. Охорона навколишнього природного середовища:

- актуальні питання екологічної безпеки; природно-заповідна справа; формування екомережі; збереження біорізноманіття; культура, освіта і роль неурядових організацій.

МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ:

вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Інститут агроєкології
і природокористування Національної академії аграрних наук України

Для довідок: тел. (044) 522-67-55;

www.agroeco.org.ua; agroecologyaan@gmail.com

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ КОМПОЗИЦІЙ НАНОЧАСТИНОК НЕМЕТАЛІВ

С.В. Дерев'янюк, А.В. Васильченко, Г.В. Цехмістер

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

Досліджено біологічну активність композицій наночастинок (НЧ) неметалів S та I, Se та I. Встановлено, що композиція НЧ S та I проявляє високу віруліцидну активність щодо штаму РТВ-1 Дніпровський-34, знижуючи титр вірусу на $5,0 \lg \text{ТЦД}_{50}/\text{см}^3$, і має хіміотерапевтичний індекс 8. Композиція НЧ Se та I володіє високою фунгістатичною активністю щодо штаму *A. cucurbitacearum* 502 упродовж усього терміну культивування. Зменшення діаметрів колоній за дії композиція НЧ Se та I сягає 94,13%. За результатами досліджень композицію НЧ S та I можна рекомендувати для створення на її основі антивірусних препаратів, віруліцидних та дезінфікувальних засобів, а композицію НЧ Se та I — для розробки засобів захисту сільськогосподарських рослин від грибних хвороб.

Ключові слова: композиції наночастинок S та I, Se та I, *Teschovirus A*, *Acremonium cucurbitacearum*, віруліцидна активність, фунгістатична активність.

Сучасні наукові досягнення у галузі нанотехнологій відкривають широкі перспективи для виробництва та використання наночастинок неметалів у ветеринарній медицині та сільському господарстві. Відомо, що наночастинок металів у формі оксидів та гідроксидів можуть впливати на репродуктивну активність вірусів [1, 2]. Проте антивірусну активність наночастинок (НЧ) неметалів та їх композицій вивчено недостатньо.

Значна увага приділяється вивченню впливу НЧ металів на гриби. Зокрема продемонстровано, що НЧ міді мають широкий спектр фунгіцидної активності, впливають на фітопатогенні гриби родів *Phoma*, *Curvularia*, *Alternaria* та *Fusarium* [3]. Виявлено високу фунгіцидну активність НЧ срібла відносно представників родів *Candida*, *Saccharomyces*, *Bipolaris*, *Magnaporthe*, *Monosporascus* та ін. [4].

Однак фунгістатична активність композицій НЧ неметалів потребує ґрунтовних досліджень.

Тому метою нашої роботи було вивчити біологічну активність композицій НЧ S та I, Se та I щодо патогенних вірусів та грибів, збудників хвороб сільськогосподарських тварин та рослин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У досліджах використовували штам Дніпровський-34, який належить до роду *Teschovirus*, виду *Teschovirus A* першого серотипу (РТВ-1) з колекції вірусів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН та штам гриба *Acremonium cucurbitacearum* 502 роду *Acremonium*, наданий д-м біол. наук Є.П. Копиловим.

Колоїдні розчини стабілізованих цитрат-аніонами композицій НЧ S та I, Se та I, які були отримані методом абляції, були одержані з ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» від д-ра техн. наук В.Г. Каплуненка [5].

Перещеплювану культуру клітин нирки ембріону свині (СНЄВ) одержано з НМЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини» НААН.

Перед використанням водні суспензії композицій НЧ S та I, Se та I розбавляли до потрібної концентрації та доводили значення рН до нейтрального. Суспензії стерилізували автоклавуванням.

Освіження, підтримання та накопичення штаму Дніпровський-34 проводили в культурі клітин СНЕВ на основі загальноприйнятих методик. Титрування вірусів за дії НЧ здійснювали в перещеплюваній культурі клітин у пробірках, спостерігаючи за цитопатичним ефектом (ЦПЕ) та визначаючи 50%-у тканинну цитопатичну дозу (ТЦД₅₀/см³).

Антивірусну активність композицій НЧ S та I, Se та I визначали за профілактичною, лікувальною та віруліцидною схемою. За профілактичною схемою проводили обробку культури клітин композицією НЧ S та I, Se та I максимально допустимою концентрацією (МДК). Після експозиції впродовж 24 год здійснювали інокуляцію вірусом.

За лікувальною схемою культуру клітин СНЕВ заражали вірусами, після чого обробляли МДК композиції НЧ S та I, Se та I.

За віруліцидною схемою вірусовмісну суспензію та композиції НЧ S та I, Se та I змішували у співвідношенні 1:1 та витримували впродовж 24 год при температурі +4°C, після чого інокулянт вносили у культуру клітин. Облік результатів цитопатичної дії (ЦПД) проводили на 4-у та 7-у добу. Титр вірусу розраховували методом Ріда і Менча [6]. Порівнюючи інфекційну активність штамів вірусів, застосовували двовибірковий метод Ст'юдента [7]. Розрахунок проводили у програмі Microsoft Office Excel.

За різницею титрів визначали антивірусну активність композицій НЧ S та I, Se та I. Під час зниження титру вірусу за дії композицій НЧ на 2,0 lg ТЦД₅₀ і більше визначали хімотерапевтичний індекс (ХТІ). Для цього встановлювали мінімально активну концентрацію (МАК), тобто таку, що знижує інфекційний титр вірусу на 1,25–1,5 lg ТЦД₅₀ порівняно з титром вірусу без внесення НЧ; ХТІ визначали як відношення МДК до МАК.

Фунгістатичну активність композицій НЧ S та I, Se та I визначали відносно гриба штаму *A. cucurbitacearum* 502. Гриби вирощували у чашках Петрі на поживному середовищі сусло-агарі (6%). Кінцева концентрація композицій НЧ S та I, Se та I у поживному середовищі становила 30 мкг/см³. Як контрольне середовище використовували сусло-агар без додавання розчину НЧ. У стерильні чашки Петрі вносили 15 см³ сусло-агару та середовища із додаванням розчину НЧ. Для кожного варіанта досліду використовували 5 чашок Петрі. Після застигання середовища вносили культури грибів методом уколу. На одну чашку робили три уколи. Гриби штаму *Acremonium* sp. 502 культивували у термостаті при температурі 25°C сім діб.

Оцінку фунгіцидної активності НЧ здійснювали на другу, третю, четверту та сьому добу після внесення культур грибів. Підраховували загальну кількість колоній, що утворилися на контрольному середовищі та на середовищі із додаванням композицій НЧ S та I, Se та I. Визначали розмір діаметра колоній, що утворювалися на місцях уколів. Діаметр колоній вимірювали у міліметрах із точністю до 0,5 мм. Статистичну обробку проводили у відповідних програмах за допомогою тестів Duncan's new multiple range test (DMRT) та Fisher's least significant difference test (Fisher's LSD). Середні діаметри колоній, що утворилися на контрольному середовищі та на середовищі із додаванням різних НЧ, порівнювали за допомогою *t*-критерію Ст'юдента для незалежних вибірок. Значення Valid N у всіх розрахунках становило не менше 24.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У культурі клітин СНЕВ проведено дослідження з визначення антивірусної активності композицій НЧ S та I, Se та I у МДК за профілактичною та лікувальною схемами. Встановлено, що композиції НЧ S та I, Se та I у МДК проявляли незначну антивірусну активність, знижуючи титр вірусу за обома схемами лише на 0,5 lg ТЦД₅₀/см³.

Вивчено віруліцидну активність композиції НЧ S та I, Se та I у МДК. Встановлено, що композиція НЧ S та I у МДК за експозиції 24 год проявляли високу віруліцидну активність щодо штаму вірусу РТВ-1 Дніпровський-34, достовірно знижуючи його інфекційний титр у культурі клітин СНЕВ на $5,0 \lg \text{ТЦД}_{50}/\text{см}^3$ (табл. 1).

На наступному етапі визначили МАК та ХТІ для композиції НЧ S та I. Результати досліджень наведено у таблиці 2.

Встановлено, що МАК для НЧ I та S становила $1,25 \text{ мкг}/\text{см}^3$. Визначено, що ХТІ композиції НЧ S та I становить 8. Отже, композиція НЧ S та I має високу антивірусну активність щодо TV-A і може бути рекомендована для створення на її основі антивірусних препаратів, віруліцидних та дезінфікувальних засобів.

Досліджено фунгістатичну активність композицій НЧ S та I, Se та I щодо фітопатогенних грибів за допомогою штаму *Acre-*

monium cucurbitacearum 502. Встановлено, що композиції НЧ S та I, Se та I діють на штам *A. cucurbitacearum* 502 фунгістатично, тобто значно вповільнюють ріст колоній та зменшують їх діаметр, проте не призводять до загибелі міцелію за досліджуваних концентрацій.

Незважаючи на однаковий характер впливу композицій НЧ S та I, Se та I на репродукцію штаму *A. cucurbitacearum* 502, рівень їх активності значно відрізнявся. Так, композиція НЧ S та I проявила сильну фунгістатичну активність лише впродовж перших трьох діб після початку культивування (табл. 3). Починаючи з четвертої доби після початку культивування, різниця у значеннях діаметрів колоній між контрольним варіантом та варіантом за дії композиції НЧ S та I не перевищувала 2,73%, і за результатами статистичних тестів ця різниця мала низький рівень значущості (табл. 3).

Таблиця 1

Віруліцидна активність композицій НЧ S та I, Se та I у МДК щодо штаму РТВ-1 Дніпровський-34 у культурі клітин СНЕВ (експозиція 24 год)

Досліджувана речовина	МДК, $\text{мкг}/\text{см}^3$	Титр вірусу, $\lg \text{ТЦД}_{50}/\text{см}^3$	Різниця титрів вірусу, $\lg \text{ТЦД}_{50}/\text{см}^3$
НЧ S та I	10	$1,23 \pm 0,16$	5,0
НЧ Se та I	0,1	$6,23 \pm 0,12$	0
Контроль		$6,23 \pm 0,12$	–

Таблиця 2

Віруліцидна активність композиції НЧ щодо штаму РТВ-1 Дніпровський-34 у культурі клітин СНЕВ за різної концентрації (експозиція 24 год)

Досліджувана речовина	Концентрація НЧ, $\text{мкг}/\text{см}^3$	Титр вірусу, $\lg \text{ТЦД}_{50}/\text{см}^3$	Різниця титрів вірусу, $\lg \text{ТЦД}_{50}/\text{см}^3$	ХТІ
НЧ S та I	10,0	$1,23 \pm 0,16$	5,00	8
	5,0	$2,00 \pm 0,12$	4,23	
	2,5	$3,50 \pm 0,14$	2,73	
	1,25	$4,77 \pm 0,16$	1,46	
	0,62	$5,23 \pm 0,11$	1,00	
Контроль	–	$6,23 \pm 0,12$	–	–

Таблиця 3

Фунгістатична активність композиції НЧ S та I щодо штаму *A. cucurbitacearum* 502

Тривалість культивування	Діаметр колоній (WM*±std.err**), мм		Δ, %	Значущість	
	НЧ I+S	Без НЧ		DMRT	Fisher's LSD
2 доби	3,06±0,09	3,75±0,10	-18,32	p<0,0006	p<0,0004
3 доби	6,00±0,15	6,75±0,16	-11,11	p<0,009	p<0,02
4 доби	9,27±0,15	9,50±0,19	-2,42	p>0,59	p>0,60
7 діб	18,89±0,14	19,42±0,58	-2,73	p>0,50	p>0,54

Примітка: *WM – зважене середнє арифметичне (weighted mean); **std.err – стандартна похибка (standard error).

Таблиця 4

Фунгістатична активність композиції НЧ Se та I щодо штаму *A. cucurbitacearum* 502

Тривалість культивування	Діаметр колоній (WM±std.err), мм		Δ, %	Значущість	
	Se+I	Без НМ		DMRT	Fisher's LSD
2 доби	0,22±0,10	3,75±0,10	-94,13	p<0,000005	p<0,000001
3 доби	1,10±0,31	6,75±0,16	-83,70	p<0,00002	p<0,000001
4 доби	2,00±0,56	9,50±0,19	-78,95	p<0,00002	p<0,000001
7 діб	6,47±1,28	19,42±0,58	-66,68	p<,000003	p<0,000001

На відміну від композиції НЧ S та I, композиція НЧ Se та I зберігала високу фунгістатичну активність впродовж усього терміну культивування (табл. 4). Зменшення діаметрів колоній порівняно з контролем за дії композиції НЧ Se та I було значно істотнішим, ніж за дії композиції НЧ S та I, та сягало 94,13%. За результатами статистичних тестів різниця у значеннях діаметрів колоній між контролем та дослідним варіантом з композицією НЧ Se та I мала високий рівень значущості.

Так, композиція НЧ Se та I володіє високою фунгістатичною активністю щодо штаму *A. cucurbitacearum* 502.

Отже, композиція НЧ S та I володіє високою антивірусною активністю щодо штаму TV-A Дніпровський-34, а композиція НЧ Se та I – високою фунгістатичною активністю щодо штаму *A. cucurbitacearum* 502. Потребує ретельного вивчення механізм віруліцидної та фунгістатичної дії композиції НЧ неметалів. Вважаємо, що композиції НЧ S та I, Se та I є перспек-

тивними для створення антивірусних та фунгістатичних препаратів.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що композиція НЧ S та I проявляє високу віруліцидну активність щодо штаму TV-A Дніпровський-34; знижуючи титр вірусу на 5,0 lg ТЦД₅₀/см³, має ХТІ 8 і може бути рекомендована для створення на її основі антивірусних препаратів, віруліцидних та дезінфікувальних засобів.

2. Композиція НЧ Se та I володіє високою фунгістатичною активністю щодо штаму *A. cucurbitacearum* 502: сповільнює ріст та зменшує діаметр колоній, проте не призводить до загибелі міцелію. Композиція НЧ Se та I проявляє високу фунгістатичну активність впродовж усього терміну культивування. Зменшення діаметрів колоній за дії композиції НЧ Se та I сягає 94,13%. За результатами досліджень композицію НЧ Se та I можна рекомендувати для розробки засобів захисту сільськогосподарських рослин від грибних хвороб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 106101 Україна, МПК А61К 33/08, А61Р 31/22. Спосіб виготовлення медичних протівірусних препаратів, що містять наночастинки, та препарат проти вірусів герпесу hіv і грипу h1n1, виготовлений за даним способом / М.М. Локшин, М.Я. Співак, В.С. Лисенко. — Заявл. 17.07.12; опубл. 25.07.2014, Бюл. 18.
2. Interaction of titanium dioxide nanoparticles with influenza virus / N.A. Mazurkova, Y.E. Spitsyna, N.V. Shikina et al. // *Nanotechnol. Russia*. — 2010. — No. 5. — P. 417–420.
3. *In vitro* antifungal efficacy of copper nanoparticles against selected crop pathogenic fungi / P. Kanhed, S. Birla, S. Gaikwad [et al.] // *Materials Letters*. — 2014. — Vol. 115. — P. 13–17.
4. *Nasrollahi A.* Antifungal activity of silver nanoparticles on some of fungi / A. Nasrollahi, K.H. Pourshamsian, P. Mansourkiaee // *International Journal of Nano Dimension*. — 2011. — Vol. 1, No. 3. — P. 233–239.
5. Пат. 23550 Україна, МПК В22F 9/14. Спосіб ерозійно-вибухового диспергування металів / М.В. Косінов, В.Г. Каплуненко. — Заявл. 09.02.2007; опубл. 25.05.2007, Бюл. № 7.
6. *Reed L.J.* A simple method of estimation of fifty per cent endpoints / L.J. Reed, H. Muench // *The American Journal of Hygiene*. — 1938. — Vol. 27, No. 3. — P. 493–497.
7. *Student By Student.* The probable error of a mean / Student // *Biometrika*. — 1908. — No. 6 (1). — P. 1–25.

REFERENCES

1. Lokshyn, M.M., Spivak, M.Ya. & Lysenko, V.S. (2014). Sposib vyhotovlennia medychnykh proty-virusnykh preparativ, shcho mistiat nanochastyntky, ta preparat proty virusiv herpesu hiv i hrypu h1n1, vyhotovlenyi za danym sposobom [A method of production of medical antiviral drugs, which contain nanoparticle, and a drug against herpes virus hiv and influenza virus h1n1, which is produces by means of this way]. *Patent of Ukraine No.106101; 17th July; 25th July. Bul. No. 18, Ukraine* [in Ukrainian].
2. Mazurkova, N.A., Spitsyna, Y.E. & Shikina, N.V. et al. (2010). Interaction of titanium dioxide nanoparticles with influenza virus. *Nanotechnol. Russia*, 5, 417–420 [in English].
3. Kanhed, P., Birla, S., Gaikwad, S., Gade, A., Seabra, A., Rubilar, B., Duran, O. & Rai, N. (2014). *In vitro* antifungal efficacy of copper nanoparticles against selected crop pathogenic fungi. *Materials Letters*, 115, 13–17 [in English].
4. Nasrollahi, A., Pourshamsian, K.H. & Mansourkiaee, P. (2011). Antifungal activity of silver nanoparticles on some of fungi. *International Journal of Nano Dimension*, 1(3), 233–239 [in English].
5. Kosinov, M.V., & Kaplunenko V.G. (2007). Sposib eroziino-vybukhovoho dysperhuvannia metaliv [A method of an erosive-bursting dispersion of metals]. *Patent of Ukraine No. 23550; 09th February; 25th May. Bul. No. 7, Ukraine* [in Ukrainian].
6. Reed, L.J. & Muench, H. (1938). A simple method of estimation of fifty per cent endpoints. *The American Journal of Hygiene*, 27(3), 493–497 [in English].
7. Student By Student (1908). The probable error of a mean *Biometrika*, 6(1), 1–25 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.01.2020

ЗНИЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕПОГЛИНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ ЧЕРЕЗ ЗАГИБЕЛЬ СОСНОВИХ ЛІСІВ

В.В. Мороз¹, І.В. Шумигай²

¹ Поліський національний університет

² Інститут агроекології і природокористування НААН

*Визначено, що для збереження та збільшення кількості природних поглиначів вуглецю особливу увагу слід зосередити на системі покращення управління лісовими, ґрунтовими та іншими природними ресурсами. Серед 30-ти головних лісоутворювальних порід в Україні сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.) є переважаною деревною породою, зокрема у Київському Поліссі. Проведений аналіз вуглецепоглиальної здатності соснових насаджень засвідчив, що останні акумулюють у своїй фітомасі 116,4 млн т вуглецю на 1 м² ділянок, вкритих лісовою рослинністю, щільність елемента сягає 116,3 кг. Встановлено, що внаслідок втрати лісових насаджень останніми роками вуглецепоглиальна здатність лісів знизилась.*

Ключові слова: соснові насадження, фітомаса, групи віку, конверсійні коефіцієнти, поглинання вуглецю.

За останні десятиліття кліматичні зміни спричиняють низку негативних процесів, що впливають на лісові насадження, зокрема пожежі, всихання, розповсюдження фітохвороб та ентомошкідників. Ці чинники мають негативний вплив на деревні лісові ресурси, які могли слугувати додатковим джерелом прибутку на світовому ринку в розрізі Паризької угоди [1–3]. Зважаючи на це, на Міжнародних кліматичних переговорах ООН (COP 21) у 2015 р. була підписана Паризька угода, в якій взяли участь 197 країн світу. Серед 176 підписантів, що ратифікували угоду, Україна була однією із перших країн світу, яка затвердила її на державному рівні [1, 2, 4]. На конференції ООН зі зміни клімату в Парижі (2015 р.) розглядалася роль лісів у боротьбі з описаною проблемою. Важливість лісів ґрунтується на рамковій програмі ООН, схваленій у 2013 р. — REDD+ (скорочення викидів унаслідок знелісення і деградації лісів) [1].

В Україні науковою школою П.І. Лакиди розроблено шляхи та методи оцінки біо-

логічної продуктивності лісових насаджень [5]. Сучасний науковий моніторинг доповнено дослідженнями [6–8] та розробками іноземних науковців у галузі оцінки вуглецепоглиальної здатності деревостанів [9–12].

Метою досліджень було встановити за допомогою конверсійних коефіцієнтів відсутність збагачення бюджету України від продажу квот через втрату деревних лісових ресурсів [2, 4, 13].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Збір дослідного матеріалу проводили в державних підприємствах упродовж 2016–2019 рр., серед яких: Іванківське ЛГ (у лісництвах — Макарівське, Оранське, Розважівське, Білоберезьке, Жеревське, Леонівське, Обуховицьке, Феневицьке); Поліське ЛГ (у лісництвах — Радинське, Красятицьке, Стещинське, Зеленополянське); Тетерівське ЛГ (у лісництвах — Мигальське, Пісківське, Тетерівське, Кодрянське, Кухарське, Блідчанське, Мирчанське, Поташнянське), на територіях яких нами були закладені тимчасові пробні площі (ТПП).

Дослідний матеріал відбирали в різновікових соснових насадженнях II–IV категорій лісів Волинського Полісся. Тимчасові пробні площі закладали у соснових насадженнях згідно із СОУ 02.02-37-476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання». Загальна кількість пробних площ – 40 од.

Фітомасу деревини та кори в абсолютно сухому стані визначали за їх об’ємом відповідно до довідкових таблиць [14–16] та множили на показники середньої базисної щільності [5, 10, 17]:

$$m = V \times \rho_{\text{баз}}, \quad (1)$$

де m – фітомаса компонента, кг; V – об’єм компонента, м³; $\rho_{\text{баз}}$ – базисна щільність, кг/м³.

Для визначення фітомаси кори сосни звичайної використовували рівняння [9, 11]:

$$m_{\text{кори}} = 8,379 + 0,087 \times m_{\text{стовбура}}, \quad (2)$$

де $m_{\text{кори}}$ – фітомаса кори, кг; $m_{\text{стовбура}}$ – фітомаса стовбура, кг.

Загальну фітомасу дерева визначали як суму окремих фітофракцій дерева (кора, деревина, крона) [5].

Обсяги поглинутого вуглецю встановлювали за допомогою конверсійно-об’ємних коефіцієнтів, що є відношенням окремих фракцій фітомаси до запасу деревини, і залежно від віку деревостану [5–7].

Статистичне і математичне моделювання здійснювали за допомогою пакета аналізу даних Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За наведеними формулами (1 і 2) встановлено фітомасу деревини, кори та крони сосни звичайної і побудовано кореляційну матрицю між показниками наземної фітомаси в абсолютно сухому стані та таксаційними показниками дерева (діаметр і висота). Результати аналізу наведено у таблиці 1.

Отримана кореляційна матриця вказує на тісний зв’язок (0,812–0,999) між усіма

Таблиця 1

Кореляційна матриця основних біометричних показників соснових деревостанів та надземної фітомаси в абсолютно сухому стані

Показники	Вік, років	Повнота	Бонітет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об’єм стовбура в корі, м ³	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
Вік, років	1,00	–	–	–	–	–	–	–	–
Повнота	–0,668	1,00	–	–	–	–	–	–	–
Бонітет	0,396	–0,346	1,00	–	–	–	–	–	–
Середня висота, м	0,914	–0,632	0,233	1,00	–	–	–	–	–
Середній діаметр, см	0,812	–0,554	–0,077	0,841	1,00	–	–	–	–
Об’єм стовбура в корі, м ³	0,872	–0,592	0,149	0,968	0,843	1,00	–	–	–
Фітомаса деревини, кг	0,873	–0,592	0,152	0,968	0,842	1,00	1,00	–	–
Фітомаса кори, кг	0,866	–0,592	0,132	0,965	0,852	0,999	0,999	1,00	–
Фітомаса крони, кг	0,872	–0,592	0,150	0,968	0,843	1,00	1,00	0,999	1,00

вказаними у таблиці показниками, окрім повноти та бонітету.

Для пошуку математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів со-
снових насаджень застосовували функцію:

$$R_v = f(A, B, П, M), \quad (3)$$

де R_v – відповідні конверсійні коефіцієнти для кожної фітофракції дерева; А, Б, П, М – вік, бонітет, повнота, запас насадження у корі відповідно [16].

Як залежну змінну нами використано відношення маси фракції фітомаси до стовбурового запасу деревостану в корі:

$$R_v = \frac{M_{fr}}{M}, \quad (4)$$

де R_v – конверсійний коефіцієнт, M_{fr} – маса фракції фітомаси в абсолютно сухому стані, т/га, M – запас деревостану у корі, м³/га [18–20].

Для отримання емпіричних рівнянь R_v були використані показники фітомаси тимчасових пробних площ, встановлюваних за рівняннями 1, 2.

Під час математичного моделювання були отримані такі рівняння:

$$\begin{aligned} & \text{для деревини} \\ R_{v(\text{дер})} &= 0,353 \times A^{0,016} \\ & \text{для кори} \\ R_{v(\text{кори})} &= 0,054 \times A^{-0,117} \\ & R^2 = 0,75 \end{aligned} \quad (6)$$

для крони

$$\begin{aligned} R_{v(\text{крони})} &= 0,530 \times A^{-0,510} \\ R^2 &= 0,74 \end{aligned} \quad (7)$$

де $R_{v(\text{дер})}$ – конверсійний коефіцієнт деревини, $R_{v(\text{кори})}$ – конверсійний коефіцієнт кори, $R_{v(\text{крони})}$ – конверсійний коефіцієнт крони, А – вік насадження.

Аналізуючи отримані рівняння залежності конверсійних коефіцієнтів, можна стверджувати про істотний вплив кожного введеного чинника на результативну ознаку. Значення коефіцієнтів детермінації цих показників становить 74–75% мінливості досліджуваних ознак.

На основі отриманих рівнянь та даних державного лісового кадастру нами встановлено обсяги фітомаси та вуглецю за групами віку сонових насаджень різної категорії лісів Київського Полісся (табл. 2).

Як свідчать данні (табл. 2), загальна площа вкритих лісовою рослинністю сонових лісових ділянок становить 211,2 тис. га (згідно з останнім обліком на 01.01.2011 р.). Із загальним запасом стовбурової деревини 62,5 млн м³ вони акумулюють у своїй фітомасі 116,4 млн т вуглецю. Щільність фітомаси на 1 м² вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок сягає 238,6 кг. Найбільше поглинають вуглець у Київському Поліссі середньовікові соснові насадження – 56,7 млн т.

Таблиця 2

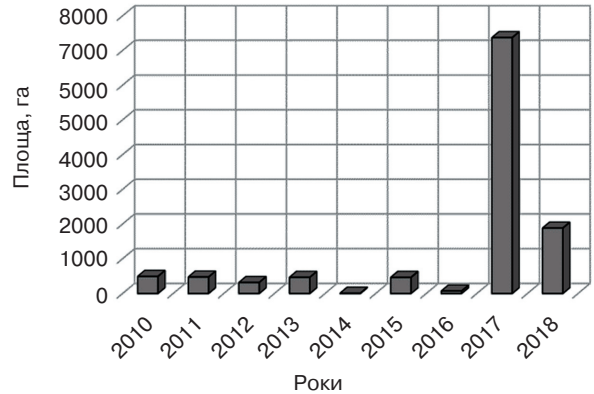
Загальна фітомаса та вуглець у сонових лісових насадженнях Київського Полісся за групами віку

Групи віку	Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн м ³	Фітомаса		Вуглець	
			млн т	щільність, кг/м ²	млн т	щільність, кг/м ²
I вікова група	22,0	0,63	1,33	6,03	0,65	2,9
II вікова група	23,9	3,83	7,43	31,1	3,62	15,2
Середньовікові	98,0	31,4	58,9	60,1	28,7	29,3
Пристигаючі	47,5	19,4	35,6	74,9	17,4	36,5
Стиглі та перестійні	19,8	7,245	13,1	66,5	6,41	32,4
Разом	211,2	62,5	116,4	238,6	56,7	116,3

Останніми роками спостерігається збільшення втрачених площ, вкритих лісовою рослинністю, під сосновими ділянками внаслідок абіотичних, біотичних та антропогенних чинників (рисунок).

Загибель соснових лісових насаджень знижує вуглецепоглиняльну здатність лісів Київського Полісся, оскільки соснові дерева створюють значну їх частку у регіоні дослідження – 61%.

За отриманими конверсійними коефіцієнтами (формули 5–7) встановлено орієнтовний обсяг вуглецю, що могли поглинути втрачені соснові насадження (табл. 3).



Зменшення площ соснових лісових насаджень Київського Полісся за період 2010–2018 рр.

Таблиця 3

Орієнтовний обсяг вуглецепоглиняльної здатності соснових деревостанів Українського Полісся

Роки	Середній вік насаджень, роки	Запас стовбурової деревини, млн м ³	Викиди CO ₂ , млн т*	Обсяг поглинутого вуглецю, млн т	Різниця між викидами та поглинанням вуглецю, млн т
2010	57	0,24	10,8	0,05	10,8
2011	58	0,18	9,8	0,04	9,8
2012	59	0,27	10,2	0,06	10,1
2013	60	0,27	8,7	0,06	8,6
2014	61	0,51	7,7	0,12	7,6
2015	62	0,65	6,2	0,15	6,1
2016	63	0,64	5,0	0,15	4,9
2017	64	0,86	3,0	0,19	2,8
2018	65	1,3	4,1	0,29	3,8

Примітка: * Показники згідно із даними Статистичного збірника [21].

Згідно із отриманими показниками, викиди діоксиду вуглецю за період 2010–2018 рр. становили 3,0–10,8 млн т. Щорічно втрачені лісові насадження могли депонувати у своїй фітомасі 0,05–0,29 млн т вуглецю, знижуючи рівень забруднення навколишнього природного середовища CO₂ у межах 1–7%.

Отже, збереженню і примноженню лісових насаджень слід надавати особливу увагу, оскільки згідно із Паризькою угодою

Україна може мати значний прибуток від продажу квот на світовому ринку.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що соснові лісові насадження Київського Полісся у своїй фітомасі акумулюють 116,4 млн т вуглецю. Щільність вуглецю на 1 м² ділянок, вкритих лісовою рослинністю, сягає 116,3 кг. З'ясовано, що найбільше поглинають вуглець у Київському Поліссі середньовікові соснові насадження – 28,7 млн т.

Результати досліджень засвідчили, що втрачені лісові насадження за період 2010–2018 рр. унаслідок антропогенних, біотичних та абіотичних чинників могли депо-

нувати у своїй фітомасі 0,05–0,29 млн т вуглецю, знижуючи рівень забруднення навколишнього природного середовища CO₂ на 1–7%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України від 14 липня 2016 р. № 1469-VIII «Про ратифікацію Паризької угоди» [Електронний ресурс] / Відомості Верховної Ради України (ВВР). — Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61
2. Партнерство заради ринкової готовності в Україні (PMR). Пропозиції щодо розвитку інструментів вуглецевого ціноутворення в Україні: звіт з моделювання [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimatu
3. Почтовюк А.Б. Торговля квотами как один из механизмов Киотского протокола / А.Б. Почтовюк, Е.А. Пряхина // Проблемы современной экономики. — 2012. — № 3(43). — С. 300–304.
4. Європейська система торгівлі викидами та перспективи впровадження системи торгівлі викидами в Україні: аналітичний документ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rac.org.ua/uploads/content/452/files/webetsinukraine2018ua.pdf>
5. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: монограф. / П.І. Лакида. — Тернопіль: Збруч, 2002. — 256 с.
6. Ловинська В.М. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Північного Степу України / В.М. Ловинська // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — 2018. — Вип. 3. — С. 73–82.
7. Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів *Pinus sylvestris* L. у деревостанах північного степу України / В.М. Ловинська // Науковий вісник НЛТУ України. — 2018. — Т. 28, № 8. — С. 79–82.
8. Данилов Д.А. Особенности формирования запаса и товарной структуры модальных хвойных древостоев сосны и ели к возрасту спелого насаждения / Д.А. Данилов, Н.В. Беляева, А.В. Грязьки // Лесной журнал. — 2018. — № 2. — С. 40–48.
9. Аткин А.С. Способ и динамика органической массы в лесных сообществах / А.С. Аткин, Л.И. Аткина. — Екатеринбург, 1999. — 108 с.
10. Боровиков А.М. Справочник по древесине: справоч. / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев. — М.: Лесн. пром-сть, 1989. — 296 с.
11. Пат. № 2272402 С2 Российская федерация. Способ определения надземной фитомассы лесных насаждений / И.А. Алексеев, И.П. Куренкова, А.Н. Чешуин и др.; патентообладатель Марийский государственный технический универси-
- тет. — Заявл. 25.03.2004; опубл. 27.03.2006, Бюл. 9. — 6 с.
12. Чуроков Б.П. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны / Б.П. Чуроков, Е.В. Манякина // Ульяновский медико-биологический журнал. — 2012. — № 1. — С. 125–129.
13. Соловій І. Оцінка міжнародного досвіду та процедур/регулювань щодо концепції плати за послуги екосистем в лісовому секторі [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://sfmu.org.ua/files/Soloviy_2016.pdf
14. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / [А.З. Швиденко, А.А. Строчинский, Ю.Н. Савич, С.Н. Кашпор]. — К.: Урожай, 1987. — 560 с.
15. Кашпор С.М. Лісотаксаційний довідник / С.М. Кашпор, А.А. Строчинський. — К.: Вінніченко, 2013. — 496 с.
16. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики / [Ю.П. Демаков, А.С. Пуряев, В.Л. Черных, Л.В. Черных] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. — 2015. — № 2(26). — С. 19–36.
17. Полубояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 160 с.
18. Assessment of root-shoot ratio biomass and carbon storage of *Quercus brantii* Lindl. in the central Zagros forests of Iran / Y. Askari, A. Soltani, R. Akhavan, P. Tahmasebi Kohyani // Journal of forest science. — 2017. — No. 63. — P. 282–289.
19. Carbon Sequestration and Carbon Markets for Tree-Based Intercropping Systems in Southern Quebec, Canada [Електронний ресурс] / K.S. Winans, J.K. Whalen, D. Rivest [et al.] // Atmosphere. — 2016. — No. 17. — Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2073-4433/7/2/17/htm>
20. Zhao C. Quantifying and Mapping the Supply of and Demand for Carbon Storage and Sequestration Service from Urban Trees [Електронний ресурс] / C. Zhao, H.A. Sander // PLoS ONE. — 2015. — Режим доступу: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371>
21. Статистичний збірник: Довкілля України за 2010–2018 рр. / за ред. О.М. Прокопенко. — К.: Державна служба статистики України, 2018. — 225 с.

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy vid 14 July 2016 roku N 1469-VIII 1 «Pro ratyfikatsiyu Paryz'koyi uhody». Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny (VVR) [Law of Ukraine dated 14.07.2016 No 1469-VIII «On ratification of the Paris Agreement». Information of the Verkhovna Rada of Ukraine (IVR)]. (2016). zakon.

- rada.gov.ua*. Retrieved from: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161 [In Ukrainian].
- Partnerstvo zarady rynkovoyi hotovnosti v Ukraini (PMR). Propozytsiyi shchodo rozvytku instrumentiv vuhletsevoho tsinoutvorennia v Ukraini: zvit z modelyuvannya [Partnership for Market Readiness in Ukraine (PMR). Proposals for developing carbon pricing tools in Ukraine: a simulation report]. (n.d). *memr.gov.ua*. Retrieved from: https://memr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty [in Ukrainian].
 - Pochtoviuk, A.B. & Priakhyna, E.A. (2012). Torgovlya kvotami kak odin iz mehanizmov Kiotskogo protokola [Emissions trading as one of the Kyoto Protocol]. *Problemyi sovremennoy ekonomiki – Problems of the modern economy*, 3(43), 300–304 [in Russian].
 - Yevropeys'ka systema torhivli vykydamy ta perspektyvy vprovadzhennya systemy torhivli vykydamy v Ukraini: analitychnyy dokument [The European Emissions Trading Scheme and Prospects for Emissions Trading in Ukraine: An Analytical Document]. (n.d). *www.rac.org.ua*. Retrieved from: <https://www.rac.org.ua/uploads/content/452/files/websetinukraine2018ua.pdf> [in Ukrainian].
 - Lakyda, P.I. (2002). *Fitomasa lisiv Ukrainy: monohrafiia* [Forest biomass Ukraine: monograph]. Ternopil [in Ukrainian].
 - Lovynska, V.M. (2018). Lokalna schilnist komponentiv fitomasi stovbura sosni zvichaynoyi (*Pinus sylvestris* L.) Pivnichnogo Stepu Ukrainy [Local density of phytomass components of pine (*Pinus sylvestris* L.) trunk of Northern Steppe of Ukraine]. *Visnik agramoyi nauku Prichornomor'ya – Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 3, 73–78 [in Ukrainian].
 - Lovynska, V.M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv *Pinus sylvestris* L. u derevostanah pivnichnogo stepu Ukrainy [Above-ground biomass trunks *Pinus sylvestris* L. stands in the northern steppes of Ukraine]. *Naukoviy visnik NLTU Ukrainy – Ukrainian National Forestry University*, 28, 8, 79–82 [in Ukrainian].
 - Danylov, D.A., Beliaeva, N.V. & Hriazyk, A.V. (2018). Osobennosti formirovaniya zapasa i tovarnoy strukturyi modalnykh hvoynnykh drevostoev sosny i eli k vozrastu spelogo nasazhdeniya [Features of the formation of the stock and commodity structure of modal coniferous stands of pine and spruce by the age of ripe plantings]. *Lesnoy zhurnal – Lesnoy Zhurnal*, 2, 40–48 [in Russian].
 - Atkyn, A.S. & Atkyna, L.I. (1999). *Sposob i dinamika organicheskoy massyi v lesnykh soobshchestvakh* [The method and dynamics of organic matter in forest communities]. Yekaterynburh [in Russian].
 - Borovykov, A.M. & Uholev, B.N. (1989). *Spravochnik po drevesine* [Handbook on wood]. Moskva [in Russian].
 - Alekseev, I.A. et al. (2006). Sposob opredeleniya nadzemnoy fitomassyi lesnykh nasazhdeniy [A method for determining the aboveground biomass of forest stands]. *Patent of the Russian Federation for the inventive method No. 2272402 S2; 27th Mart. Bul. No. 9, Russia* [in Russian].
 - Churokov, B.P. & Maniakyna, E.V. (2012). Deponirovaniye ugleroda raznovozrastnyimi kulturami sosny [Carbon sequestration pine cultures of different ages]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal – Ulyanovsk Medico-Biological Journal*, 1, 125–129 [in Russian].
 - Solovii, I. (2016). Otsinka mizhnarodnogo dosvidu ta protsedur / reguluyvan schodo kontseptsiyi plati za poslugi ekosistem v lisovomu sektori [Evaluation of international practices and procedures / regulations on the concept of payment for ecosystem services in the forestry sector]. *sfm.org.ua*. Retrieved from: http://sfmu.org.ua/files/Soloviy_2016.pdf [in Ukrainian].
 - Shvydenko, A.Z., Strochynskiy, A.A., Savych, Yu.N. & Kashpor, S.N. (1987). *Normativno-spravochnyie materialy dlya taksatsii lesov Ukrainy i Moldavii* [Regulatory and reference materials for the forest inventory in Ukraine and Moldova]. Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].
 - Kashpor, S.M. & Strochynskiy, A.A. (2013). *Lisotaksatsiyniy dovidnik* [Lisotaksatsiynyy Directory]. Kyiv: Vid. dim «Vinnichenko» [in Ukrainian].
 - Demakov, Yu.P., Puriaev, A.S., Chernykh V.L. & Chernykh L.V. (2015). Ispolzovanie allometricheskikh zavisimostey dlya otsenki fitomassyi razlichnykh fraktsiy derev i modelirovaniya ih dinamiki [Using allometric relationships for evaluation of various trees phytomass fractions and their dynamics simulation]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Scientific journals of Volga State University of Technology*, 2 (26), 19–36 [in Russian].
 - Poluboiarynov, O.I. (1976). *Plotnost drevesinyi* [Wood density]. Moskva [in Russian].
 - Askari, Y., Soltani, A., Akhavan, R. & Tahmasebi Kohyani, P. (2017). Assessment of root-shoot ratio biomass and carbon storage of *Quercus brantii* Lindl. in the central Zagros forests of Iran. *Journal of forest science*, 63, 282–289 [in English].
 - Winans, K.S., Whalen, J.K., Rivest, D., Cogliastro, A. & Bradley, R.L. (2016). Carbon Sequestration and Carbon Markets for Tree-Based Intercropping Systems in Southern Quebec, Canada. *Atmosphere*, 17. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2073-4433/7/2/17/htm> [in English].
 - Zhao, C. & Sander, H.A. (2015). Quantifying and Mapping the Supply of and Demand for Carbon Storage and Sequestration Service from Urban Trees. *PLoS ONE*. Retrieved from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371> [in English].
 - Prokopenko, O. (2018). *Statystychnyy zbirnyk: Dovkillya Ukrainy za 2010–2018 rr.* [Statistical yearbook: Environment of Ukraine. 2010–2018]. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020

ЛІСОГОСПОДАРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО В УКРАЇНІ, ЙОГО СТАНОВЛЕННЯ І РЕФОРМУВАННЯ НА ШЛЯХУ ДО РИНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ

О.І. Фурдичко, В.Н. Бондар

Інститут агроекології і природокористування НААН

Досліджено інформативні джерела з лісогосподарського виробництва в Україні в аспекті переходу економіки на ринкові засади. Предметом дослідження є використання земельних ресурсів для вирощування лісу, супутніх лісівництву продуктів, послуг. Доведено, що в процесі господарювання за принципом «державне управління лісами» облікова і статистична звітність формувались, переважно, стосовно «державного лісового фонду», тобто продукції лісівництва, замість землі. Відтак і назва ЦОВВ — Державне агентство лісових ресурсів України; і визначення терміна «лісогосподарське виробництво». Найбільших змін у лісогосподарському виробництві ХХ століття економіка підприємств і регіонів зазнала після прийняття Основ лісового законодавства Союзу РСР і Союзних республік. Тобто після визначення та внесення терміна «єдиний державний лісовий фонд» та терміна «землі державного лісового фонду» були втрачені механізми обліку й звітності ефективності використання земельних ресурсів за фінансовими показниками, зрештою — державної щодо них звітності й контролю. Висвітлено проблеми щодо оцінки стану земель за таксаційними категоріями їх обліку порівняно зі структурою Стандартної статистичної класифікації ЄЕК/ФАО. Запропоновано перейти на поділ земель лісових за екологічними компонентами лісових екосистем. Загалом, доведено помилковість наказу Держкомзему України від 23 липня 2010 р. № 548 «Про затвердження Класифікації видів цільового призначення земель», зареєстрованого Мін'юстом України, зокрема в категорії «землі лісові та інші лісисті», з віднесенням її до секції «Н», розділу 9, що суперечить Лісовому кодексу України та ССКЗ ЄЕК/ФАО. Сфера застосування результатів дослідження: органи менеджменту Держземагентства, Держлісагентства, Міністерство юстиції України, наукові установи агросфери, охорони природи і екологічної безпеки тощо.

Ключові слова: видатки, виробництво, земля, категорія, класифікація, кодекс, компонент, ліс, лісовий, лісогосподарський, надходження, облік, стандарт, ресурс.

З проголошенням Україною Незалежності (1991 р.) в економіці країни почала утворюватися істотна система державного управління в усіх галузях економіки, культури і виробництва, промисловості й транспорту. Насамперед, у сільському і лісовому господарстві, оскільки в їхньому підпорядкуванні відтоді перебуває домінантна частка основного природного багатства країни — земля, земельні угіддя, що становлять понад 86% площі країни. Саме вони є продуктивною силою, раціональне використання якої визначає розвиток сіль-

ськогосподарського і лісогосподарського виробництв, забезпечення ринку продовольчою продукцією, щодо лісівництва — в лісових матеріалах і продуктах їх перероблення для задоволення попиту населення, промисловості й торгівлі. Сільськогосподарське виробництво разом з лісогосподарським формують агросферу в складі національної економіки країни.

Все це є змістом використання земельних угідь у процесі реформування економічних і соціальних відносин та з огляду на проголошення державою Земельної реформи (1990 р.) і переформування механізмів їхнього економічного і соціального регулю-

вання. Основною відмінністю, зрозуміло, є ідентифікація суб'єктів господарювання, їх уособлена відповідальність за наслідки господарювання, досягнення самоокупності й прибутковості аграрного виробництва. Так, у лісогосподарському виробництві з використанням земельних ресурсів для його здійснення, вирощування головної його товарної продукції — деревини, а також створення супутніх лісівництва продуктів і соціальних функцій у виробництвах, де природні ресурси є продуктивною силою і компонентом виробничих відносин, перехід на ринкові принципи регулювання потребують ідентифікації суб'єктів господарювання — землекористувачів.

На це безпосередньо спрямовується, зокрема, Земельна реформа згідно з Постановою Верховної Ради Української РСР від 18 грудня 1990 р. № 563-ХІІ: *«Земельна реформа є складовою частиною економічної реформи, здійснюваної в Україні у зв'язку з переходом економіки держави до ринкових відносин. Завданням цієї реформи є перерозподіл земель з одночасною передачею їх у приватну та колективну власність, а також у користування підприємствам, установам і організаціям з метою створення умов для рівноправного розвитку різних форм господарювання на землі, формування багатокладної економіки, раціонального використання та охорони земель»* [1].

Проблеми у лісівництві розпочалися ще до проголошення Україною Незалежності, оскільки з часів формування механізмів державного централізованого управління лісами радянської пори об'єктом праці поступово стає «Єдиний державний лісовий фонд». «Землями державного лісового фонду визначаються землі, вкриті лісом, а також не вкриті лісом, але призначені для потреб лісового господарства» [2]. Тобто будь-яка земельна ділянка, *«землі вкриті лісом, а також не вкриті лісом, але призначені для потреб лісового господарства»* є державним лісовим фондом. Відтак, ключовим положенням віднесення земельних ділянок до певної облікової категорії землекористування є наявність на її поверхні лісової рослинності, біоценозу, або вони є

призначеними для цього. До площі обліку землекористування держава включає відповідні земельні ділянки різних землевласників/землекористувачів, незалежно від їх соціально-економічного призначення.

Наведені норми суперечать логічним принципам лісівництва як галузі рослинництва і лісогосподарського виробництва, а також земельному законодавству. Крім того, Лісовий кодекс України надає визначення: *«Ліс — тип природних комплексів (екосистема), у якому поєднуються переважно деревна та чагарникова рослинність з відповідними ґрунтами, трав'яною рослинністю, тваринним світом, мікроорганізмами та іншими природними компонентами, що взаємопов'язані у своєму розвитку, впливають один на одного і на навколишнє природне середовище»* [3], так ніби у лісівництві йдеться не про землю, вкриту лісовою рослинністю, чи призначені для цього ділянки.

Передбачається дослідити зміст основоположних термінів «лісівництво», «лісове господарство», «лісогосподарське виробництво» тощо, які широко вживаються в обліковій і статистичній інформації галузі. Від правильного їх застосування залежить, врешті-решт, висвітлення і оцінка стану об'єкту праці у галузі лісівництва, обсяг і динаміка його продукції, структура лісових екосистем та показники економічної ефективності господарювання.

Мета дослідження — опрацювати чинні нормативно-правові акти з лісівництва, облікові й звітні джерела щодо земельних ресурсів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Були опрацьовані чинні нормативно-правові акти з лісівництва, облікових і звітних джерел щодо обліку земельних ресурсів, накопичених у процесі становлення лісогосподарського виробництва, започаткування та розвитку лісогосподарського виробництва і лісокористування за його змістом стосовно використання головної продукції лісогосподарського виробництва — деревини у стані росту. Метод дослідження — діалектичний. Емпіричні дослідження

на основі накопичених фактів, їх вимірювання, порівняння і аналіз.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Термін «лісівництво» за ГОСТ 18486-87 колишнього Союзу РСР: «*Лісівництво — теорія і практика вирощування і невиснажливого використання лісу з метою задоволення народного господарства і населення в деревині та інших продукції, а також покращення лісу і підвищення його водоохоронно-захисних, середовищотворюваних і соціальних функцій*» [4]. Наведене визначення, зрозуміло, потребує осучаснення з урахуванням формування проголошених Урядом ринкових економічних відносин, у т.ч. з ідентифікацією суб'єктів у галузі землекористування.

Нині Інтернет-ресурс надає численні пропозиції з цього питання того чи іншого спрямування. Наприклад, Енциклопедія сучасної України пропонує визначити лісівництво як: «Галузь *рослинництва*, яка займається вирощуванням лісу для отримання деревини та інших продуктів, а також для використання його захисної, водорегулювальної, оздоровчої та соціальної функцій» [5]. Недоліки такого формулювання є очевидними. Головне — не висвітлюється об'єкт праці для здійснення лісівництва. Хоча лісівництво, як галузь рослинництва, починається з набуття права власності/постійного користування на земельну ділянку.

Облік і використання земельних ресурсів у лісівництві України. Досліджуємо лісгосподарське виробництво у галузі державного лісівництва в Україні. Слід зважати, що з часу його започаткування (поч. XVIII ст.) воно розвивалось на основі науково-організаційного забезпечення тодішнім Лісовим департаментом у мажах казенних (державних) лісів. Вважається, що основи лісоуправління заклав Петро I [6]. Так, лише в 1798 р. було створено Лісовий департамент, з якого розпочинається впровадження, так би мовити, державного управління лісами на основі матеріалів лісовпорядкування, систематичного ведення обліку і статистичної звітності за видатка-

ми на ведення лісгосподарського виробництва (ЛГВ) та отриманого лісового доходу (валовий дохід) суб'єктами ЛГВ. Йшлося про ліси, що належали державі, тобто казенні.

Є достовірні відомості, наприклад, щодо рівня надходження лісового доходу у рублях срібних за 1897 р. порівняно з 1804 р. Зокрема, у Київській губернії вони становили 1 153 114 руб. і 3 518 руб. сріблом відповідно [7]. Отже, обсяг надходжень до бюджету в 1897 р. був у 327 разів більшим порівняно з 1804 р. З тієї давнини у дискурсі й у складі нормативних положень висвітлювались саме ліси казенні, тобто ті, що мають особливе призначення і перебувають у розпорядженні казни. За часів формування в Україні централізованого державного управління лісами, до того ж планової економіки радянської пори XX століття, вони збереглися у вигляді Державного лісового фонду. Лише у другій половині XX століття в лісовому господарстві України цей термін набуває дещо невластивої йому суті.

В Основах лісового законодавства Союзу РСР і союзних республік була внесена ст. 4 «Єдиний державний лісовий фонд. Землі державного лісового фонду» з переліком усіх наявних і можливих потенційно землекористувачів [8]. У Лісовому кодексі України, з посиланням на вказаний документ, наведено визначення: «Єдиний державний лісовий фонд. Землі державного лісового фонду... складається з:

1) лісів державного значення, тобто лісів, які знаходяться у віданні державних органів лісового господарства, міських лісів, закріплених лісів і лісів заповідних;

2) колгоспних лісів, тобто лісів, які знаходяться на землях, наданих колгоспам у безстрокове користування» [2]. Хоча тим порушувались певні правові норми колективних господарств.

У назві ст. 4 ЛК України, як видно, йдеться про зовсім різні об'єкти соціально-економічних і земельних відносин: «землі лісового фонду» (1), і «Єдиний державний лісовий фонд» (2). Користування **Землями** лісового фонду регулюється Земельним

кодексом України. Користування Державним лісовим фондом — лісовим законодавством (тепер — у складі Держлісагентства України), тобто є результатом лісового землеробства. Кількість і якість продукції лісівництва повністю залежать від мистецтва лісівників господарювати на землі. Попит на користування лісовими ресурсами, насамперед, на деревину, на право зрубання дерев і виготовлення з них лісових матеріалів певного господарського призначення постійно підвищувався. Все це було об'єктивною необхідністю, адже зі збільшенням щільності населення, розвитком промисловості й транспорту, особливо залізничного, потреба в лісових матеріалах неухильно зростала.

Лісівництво, як галузь рослинництва і лісогосподарського виробництва, набуває організованого змісту на основі нормативних положень і їх наукового обґрунтування зі школи германського досвіду. Основні положення організації лісового господарства, порядок таксації лісів і лісовпорядкування були покладені в основу української школи, оскільки вони реалізовувались під егідою Лісового департаменту.

Практика українського лісівництва і організованого ведення лісогосподарського виробництва набула потужного розвитку у другій половині ХХ століття, фактично, з часу утворення Міністерства лісового господарства Української РСР (1947 р.). Згодом було створено Український аерофотолісовпорядний трест Всесоюзного

об'єднання «Ліспроект» з лісовпорядними експедиціями при ньому, з яких п'ять були розміщені у Києві й Ірпені, решта — в Харкові та Львові [9].

Завдяки цьому в Україні лісовпорядкування набуває системного і досконалого змісту із затвердженням **Інструкції з лісовпорядкування державного лісового фонду СРСР** [10]. Показники щодо таксації та обліку державного лісового фонду на всіх рівнях його організаційно-господарського поділу за вказаною інструкцією надавали керівним органам і спеціалістам можливість достовірної оцінки стану лісів, необхідних для вжиття лісогосподарських заходів, також раціональних обсягів лісокористування зі складу лісових насаджень (деревостанів). Найбільш прийнятною на момент проголошення Незалежності є інформація щодо стану лісів Державного лісового фонду України за показниками його обліку на 1 січня 1988 р. (табл. 1) [11].

Певні проблеми зі значенням таксаційних показників земель Державного лісового фонду (ДЛФ) України виникають з огляду на те, що в 1989 р. ЄЕК/ФАО ООН на Конференції європейських статистиків була прийнята Стандартна статистична класифікація землекористування [12]. До того, зрозуміло, такої класифікації не було і не йшлося про облік землекористування за європейськими стандартами. В Україні значення і зміст таксаційних показників щодо земель ДЛФ були встановлені згаданою Інструкцією [10].

Таблиця 1

Площа земель лісового фонду на 1 січня 1988 р. за категоріями обліку, тис. га

Регіон	Загальна площа	Землі лісові						Землі нелісові	Крім того, передані у довгострокове користування
		Вкриті ЛР*		Не зімкнуті лісові культури	Лісові росадники, плантації	Тимчасово не ВЛР**	Усього		
		Усього	у т.ч. лісові культури						
А	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Україна	7175	6151	2953	195	19	102	6467	638	70

Примітка (до табл. 1, 2): *ЛР — лісова рослинність, **ВЛР — вкриті лісовою рослинністю.

Для адаптації обліку землекористування в Україні до законодавства країн ЄС Держкомзем України (цьому посприяли висококласні керівники) розробляє Інструкцію з заповнення державної статистичної звітності з кількісного обліку земель, в основу якої «*покладені Стандартна статистична класифікація землекористування ЄЕК... та Класифікація видів економічної діяльності ДК 009-96* [13]. Вона була затверджена за наказом Державного комітету статистики України від 05.11.98 р. № 377.

Викладене свідчить про необхідність адаптації найважливіших таксаційних показників земель ДЛФ обліку 1988-го і наступних років до законодавства ЄС. Для кваліфікованих спеціалістів це не є проблемою за наявності відповідних джерел обліку. Найпершим показником, зрозуміло, є площа земельних ресурсів, наданих на право постійного користування суб'єктам лісгосподарського виробництва чи інших видів економічної діяльності. Одним з найважливіших і найвагоміших показників є загальна площа земель ДЛФ «Загальна площа», налічує 18 граф, так би мовити, показники першого рівня – «землі лісові», «землі нелісові» і «землі передані в довгострокове користування». Своєю чергою категорії першого рівня поділяються на підкатегорії другого рівня. Зокрема, «землі лісові» поділяються на категорії: «вкриті лісовою рослинністю»; «незімкнуті лісові культури»; «лісові розсадники і плантації»;

«тимчасово не вкриті лісовою рослинністю»; «крім того, передані в довгострокове користування» (табл. 1). Тобто за обліком земель Державного лісового фонду на 1 січня 1988 р.

З 1989 р., як вказано вище, набирає чинності в європейському законодавстві Стандартна статистична класифікація землекористування ЄЕК/ФАО ООН, з дещо іншим його поділом на облікові категорії різних рівнів. Держкомзем України враховує відповідні зміни згаданою вище Інструкцією [13]. Останнє потребує зважати на ці зміни та актуалізувати їх у практичній виробничій діяльності. Нижче наводимо відповідні дані обліку на 1 січня 1988 р. (табл. 2), реформовані з урахуванням ССКЗ ЄЕК/ФАО ООН та нових наукових досліджень стосовно класифікації землекористування в Україні. «*Потрібні облік і моніторинг лісових екосистем, які наявні давно зі здійсненням лісівництва, але їх зовсім не висвітлюють у звітній і науковій інформації*» [13]. Практична значущість з формування поділу і обліку земель не за їх категоріями, а за компонентами лісових екосистем, є очевидною (рис. 1). Це стосується суб'єктів господарювання державного лісівництва. Певною мірою, їх можна було б порівнювати з колишніми казенними лісами, бо держава (через Держлісагентство України) встановлює механізми щодо організації ЛГВ і лісочористування, у т.ч. щодо виробництва лісових матеріалів, їх транспортування,

Таблиця 2

Площа земель лісового фонду на 1 січня 1988 р. за реформованими категоріями обліку, тис. га

Регіон	Загальна площа	ВЛР* прирні	Землі лісові за екологічними компонентами					
			ВЛР штучні	Лісові розсадники, плантації	Тимчасово не ВЛР	Службово-технічні ЛО	Усього	Землі нелісові
А	1	2	3	4	5	6	7	8
Україна	7175	3198	2953	19	102	121	6467	708
%	100	44,6	41,2	0,3	1,4	1,7	90,1	9,9
% за екологічними компонентами		49,5	45,7	0,3	1,6	1,9	100	x

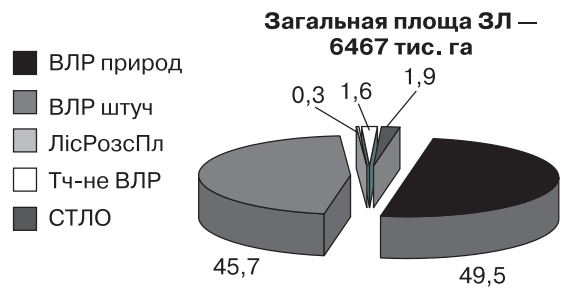
перероблення і реалізації відповідної продукції.

Так, ЛК України, розробником якого з часу Незалежності було Міністерство лісового господарства, встановлює іншу норму: «Усі ліси на території України, незалежно від того, на землях яких категорій за основним цільовим призначенням вони зростають, та незалежно від права власності на них, становлять лісовий фонд України і перебувають під охороною держави» [14].

Що означає вислів «*перебувають під охороною держави*» — не встановлено. Але у ст. 28¹ ЛК України йдеться, зокрема: «*Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері лісового господарства... 2) здійснює державний контроль за додержанням нормативно-правових актів щодо ведення лісового господарства*». З урахуванням змісту ст. 1 ЛК України вказана норма набуває Всеукраїнського поширення на земельні ділянки з наявністю лісової рослинності з площі 0,1 га «*незалежно від того, на землях яких категорій за основним цільовим призначенням вони зростають*», як данина вірності системі державного управління лісами в Україні з 60-х років минулого століття...

Окремо зауважимо, що наведена система поділу земельних ресурсів у лісгосподарському виробництві за екологічними компонентами (табл. 2), замість вживаного десятиліттями *поділу лісового фонду за категоріями земель*, багаторівневого, тобто за підкатегоріями [15], є більш інформативною, зрозумілою для використання в практичній діяльності тощо. У Короткому довіднику з лісового фонду України на 1 січня 1988 р. було 19 граф, у т.ч. й тих, що не відносяться до лісгосподарського виробництва, а потрібних лише для балансу земельного обліку. У складі обліку 1996-го, 2002-го, 2011-го років їх налічувалося 25, належно не узгоджених з системою обліку європейського законодавства.

Зауважимо, що показники фінансово-економічної діяльності суб'єктів господарювання з державного лісівництва в до-



Розподіл земель лісових Державного агентства лісових ресурсів України за екологічними компонентами лісових екосистем на 1.01.1988 р., %

відниках з лісового фонду, які періодично розробляються на регіональному і державному рівнях, не висвітлюються. Система звітності суб'єктів господарювання з лісівництва в українських губерніях царської доби, яка здійснювалась щорічно перед губернськими земствами, була прибутковою, «*як приклад господарювання з точки зору не лісокористування, а землекористування, з підзвітністю ідентифікованих землекористувачів перед органами губерньського земства*» [16]. Та система втратила чинність в радянську добу, а з проголошенням Земельної реформи в Україні та переходом економіки держави на ринкові засади не набула її відновлення. Навпаки, колишні лісгоспи (лісові господарства), як землекористувачі з радянського законодавства, «приватизували» назву «постійні лісокористувачі» і ніякою мірою не наголошують на тому, що відносяться до землекористувачів. Слово «лісокористувач» у ЛК України повторюється 50 разів, переважно недоречно, але жодного разу — з віднесенням галузі лісівництва до аграрного сектора економіки.

До того ж, незважаючи на Європейське лісове законодавство і ССКЗ ЄЕК/ФАО ООН стосовно цільового призначення земель, згідно з наказом Держкомзему України від 23 липня 2010 р. № 548 «Про затвердження Класифікації видів цільового призначення земель» категорію обліку землекористування «Землі лісові та інші лісисті» зареєстровано у Міністерстві

юстиції України 01 листопада 2010 р. за № 1011/18306, віднесено до секції «Н», розділу 9. За чинною в Україні Класифікацією ВЕД Держстандарту України, узгодженою з європейським законодавством, вид «лісове господарство та пов'язані з ним послуги» внесено до секції «А» «Сільське господарство, мисливство, лісове господарство», розділ 02. Це тому, що в Україні з 2004 р. діє Загальнодержавна програма адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу, прийнята Законом України від 15 квітня 2004 р. Вона була введена з *«метою... забезпечення ефективності функціонування ринків, що перебувають у стані природної монополії, на основі збалансування інтересів суспільства, суб'єктів природних монополій та споживачів їх товарів»* з його принципом *«Acquis communautaire»* та *Європейського Союзу* [17].

Про збалансоване і раціональне користування земельними ресурсами, як головним природним ресурсом країни, за абсолютної неузгодженості термінів та їх опису у галузі держаного лісівництва, їх невідповідності вказаному принципу *Acquis communautaire*, говорити складно, до того ж з урахуванням переходу національної економіки на ринкові засади. На прикладі згаданого вже Короткого довідника з лісового фонду Української РСР [16] спостерігається відсутність інформації щодо стану і розвитку збалансованого використання головної продукції ЛГВ за найважливішими його показниками, як от: середній обсяг користування лісом ($m^3/га_3$); загальна сума операційних видатків бюджетної діяльності (руб./га_{злп} та руб./га_{зл}); лісовий доход (усього, тис. руб. та питомий доход, руб./га_{зл}). Аналіз фінансово-економічної діяльності можна опрацьовувати за наявності відповідних показників у обліковій та статистичній інформації, починаючи з суб'єктів лісгосподарського виробництва, на зразок досвіду колишніх земств [16].

У цьому аспекті слід згадати твердження німецького вченого XIX століття А. Росмеслера про те, що *«завдання лісного те ж саме, що і садовода і землероба: сіяти і вирощувати рослини»* [18]. Останнє підтвер-

джує, що лісгосподарське виробництво є галуззю аграрного сектора економіки, а сучасні суб'єкти господарювання з лісівництва й інших видів економічної діяльності з наявністю в їх межах землекористування земель лісових є землекористувачами (об'єкти природно-заповідного фонду, національні парки, заказники тощо). Всі землекористувачі мають використовувати землі, надані їм у власність/постійне користування, з урахуванням досягнень, а також еколого-економічних вимог міжнародної спільноти. Зокрема, *«використовувати землю таким чином, щоб отримувати від цього на стійкій основі найбільшу користь... вибирати найбільш правильні й прийнятні альтернативи, пов'язані з соціальним і економічним розвитком із захистом і покращенням навколишнього середовища»* [19].

Нарешті, маємо повернутись до термінів «лісівництво» та «лісгосподарське виробництво». Термін «лісівництво» за чинним із радянських часів ГОСТ 18486-87 містить доволі недосконалий опис: *«Теорія і практика вирощування і невиснажливого використання лісу з метою задоволення народного господарства і населення в деревині й іншій продукції, а також поліпшення лісу і підвищення його водоохоронно-захисних, середовищотвірних і соціальних функцій»* [20], не випадково, зрозуміло, з непрямым доступом в Інтернет-ресурсі, обмежуючи належну в ринковій економіці прозорість і гласність для громадськості й зацікавлених партнерів суміжних і секторальних виробництв. Хоча з самої назви видно, що текст є перекладом на українську мову зі згаданого вище ГОСТ 18486-87. Тому змушені вдаватись до інших джерел інформації. Зокрема, до Української енциклопедії лісівництва (табл. 3).

За порівняння наведеного опису термін «лісове господарство» розглядається як галузь виробництва, що мають враховувати сучасні менеджери лісового сектора країни, наприклад, керівні й наукові працівники Держлісагентства України. Слід відзначити також, що у наведеному визначенні терміна «лісівництво» не йдеться про вирощування лісу у межах земельних угідь,

**Визначення термінів «лісівництво» та «лісове господарство»
за Українською енциклопедією лісівництва [21]**

Лісівництво	Лісове господарство
«Галузь рослинництва, яка займається вирощуванням лісу для одержання деревини, інших продуктів лісу та використання його з захисними, водорегулюючими, лікувально-оздоровчими, естетичними цілями» [с. 422].	«Галузь виробництва, яка займається вирощуванням, відновленням і охороною лісів, підвищенням їх продуктивності і якості, забезпеченням раціонального використання земель лісового фонду» [с. 424].

з урахуванням типів лісорослинних умов. І це зовсім не випадково, адже, починаючи із запровадження державного управління лісами в радянські часи, термін «лісове господарство» розглядається як *«галузь матеріального виробництва, до функцій якої входять: вивчення і облік лісів, їх відтворення, охорона від пожеж, шкідників і хвороб, регулювання лісокористування, контроль за використанням лісових ресурсів»* [22] (переклад з російської мови). Так, йдеться не про використання земель для здійснення лісогосподарського виробництва, а про знеособлене «ліси», точніше — про лісові ресурси як продукцію лісівництва. Хоча на ті часи лісові ресурси (деревина, супутні лісівництву, побічні та другорядні споживчі вартості, природотворчі функції тощо) й мали переважно природне походження, але це не змінює їх зв'язку з аграрним виробництвом. Тобто йдеться про зв'язок з використанням земельних ресурсів як продуктивної сили для вирощування лісу.

Отже, у наведеному визначенні слово «матеріальне» на сьогодні доцільним замінити словом «аграрне», більш точно — «агро-екологічне». Адже, лісівництво є галуззю рослинництва, яка займається використанням земель для вирощуванням лісу як головної його товарної продукції для одержання і реалізації деревини, інших продуктів і споживчих вартостей лісогосподарського виробництва, послуг та невід'ємних від нього природотвірних функцій. Тобто йдеться про не пряме використання деревини для виробництва матеріальних цінностей (споживчих вартостей), а тільки за допомогою багатоопераційних заходів у процесі вирощування лісу від збору на-

сіння лісових порід, вирощування посадкового матеріалу, підготовки ґрунту тощо. На цій основі слід формувати фінансово-економічні відносини з власником природних ресурсів і забезпечувати ведення самокупного і прибуткового господарювання на засадах ринкової економіки.

Галузевий менеджмент державного управління у лісовому господарстві й підпорядковані йому науково-дослідні організації, проектні та інші установи продовжують розглядати ліс і лісові ресурси як такі, що мають природне походження, нібито за часів вудмейстерства... А не як земельні ресурси, земельні ділянки для вирощування лісу як головної продукції лісогосподарського виробництва, їх реалізації суб'єктам лісопромислової діяльності для одержання доходу. Питання фінансово-економічних відносин, як і в часи централізованого державного управління лісами, залишаються десь в аналах планово-бухгалтерських звітів, без прозорого до них доступу.

Отже, на сучасному етапі реформування економіки країни є доцільним провести необхідні уточнення щодо нормативно-правових актів, у т.ч. щодо впровадження в офіційний обіг поняття «лісогосподарське виробництво». Як приклад, для обговорення пропонуємо таке його визначення: *«Лісогосподарське виробництво — використання у межах земель лісогосподарського призначення, наданих суб'єктам господарювання з лісового господарства, інших видів економічної чи прикладної діяльності, придатних для вирощування лісу як головної продукції агро-екологічного лісівництва, формування на цій основі самокупності й прибутковості господарювання»*.

Наголосимо, що реформована схема поділу земельних ресурсів у лісогосподарському виробництві за екологічними компонентами (табл. 2), замість вживаного десятиліттями *поділу лісового фонду за категоріями земель*, є більш лаконічною й інформативною для практичного використання [15].

ВИСНОВКИ

Перенасичене побічними словами визначення у ЛК України терміна «ліс»: «тип природних комплексів (екосистема)...», а також невідповідність його європейському законодавству, ускладнює ведення обліку земель і статистичної звітності щодо землекористування, організації виробництва і висвітлення фінансово-економічних показників ефективності лісгосподарського виробництва.

Визначення терміна «лісівництво» за державним стандартом як практики вирощування і **невиснажливого використання лісу** помилково зміщує об'єкт економічних відносин (предмет праці «земля» замінюється словом «ліс»), що є продукцією лісівництва у процесах: «рубка лісу — лісовідновлення» або «заліснення ділянки землі — рубка лісу».

Лісгосподарське виробництво як частина галузі рослинництва «Лісівництво» у національній школі його становлення і роз-

витку організаційно не відокремлювалась, хоча потреба в цьому була і залишається очевидною.

З урахуванням викладеного необхідно:

- 1) Істотно доопрацювати Лісовий кодекс України, а також Інструкцію з лісовпорядкування в аспекті основоположних термінів та їх опису (у складі Держлісагентства України) з огляду на те, що об'єктом праці є земля, а продукцією лісівництва — ліс (деревина), супутні лісівництву споживчі вартості, послуги та природотвірні функції.
- 2) Прийняти до уваги, що лісівництво здійснюється тільки у межах, визначених юридично, шляхом використання земель для вирощування лісу за головними лісоутворювальними породами, з урахуванням їх природної продуктивності та згідно з типами лісорослинних умов у процесі лісгосподарського виробництва.
- 3) Враховувати, що за європейським законодавством «Ліс у розумінні закону, це — земля, вкрита лісовою рослинністю та призначена для цієї цілі», і що згідно з Законом України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства ЄС» (2004 р.) під час складання основоположних термінів та їх опису для обліку і звітності в лісгосподарському виробництві Держлісагентства України слід керуватись принципом «*Acquis communautaire*» з метою адаптації їх до європейського законодавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про земельну реформу: Постанова Верховної Ради Української РСР від 18 грудня 1990 року № 563-ХІІ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/563-12>
2. Лісовий кодекс Української РСР / Міністерство лісового господарства Української РСР. — К.: Урожай 1981. — 59 с.
3. Лісовий кодекс України. Документ 3852-ХІІ. Редакція від 01.01.2019 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12>
4. Лесоводство. Термины и определения: ГОСТ 18486-87 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/gost-18486-87>
5. Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс]. — 2014. — Режим доступу: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=55624
6. Історія розвитку лісового права і законодавства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://studme.com.ua/1597012214669/pravo/istoriya_razvitiya_lesnogo_prava_zakonodatelstva.htm
7. Столетие учреждения Лесного департамента. 1798–1898. — СПб.: Типо-литография Ю.Я. Римана, Виленский пер. 6, 1898. — 251 с. — (Факсимильное издание Федеральной службой лесного хозяйства России, 1998).
8. Основы лесного законодательства Союза ССР и Союзных республик. Утверждены Законом СССР от 17 июня 1977 г. (с изменениями и дополнениями) // Сборник нормативных материалов по лесному хозяйству / Сост. Л.Е. Михайлов, А.Б. Бронина. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — С. 7.
9. Основные этапы лесоустройства УССР за 50 лет (1917–1967 гг.): Краткий историческая очерк

- [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.openforest.org.ua/126265/>
10. Инструкция по устройству Государственного лесного фонда СССР. Ч. I / Государственный комитет по лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и лесному хозяйству при Госплане СССР. — М., 1964. — 127 с.
 11. Краткий справочник по лесному фонду Украинской ССР на 1 января 1988 г. / Министерство лесного хозяйства УССР. ДСП. — К., 1989. — 119 с.
 12. Стандартна статистична класифікація землекористування ЄЕК/ФАО ООН / Статистична комісія і Європейська економічна комісія. Конференція європейських статистиків. Тридцять сьома пленарна сесія. — Женева (12–16 червня 1989 р.).
 13. Инструкция з заповнення державної статистичної звітності з кількісного обліку земель (Із змінами) [Електронний ресурс] / Державний комітет України по земельних ресурсах. — К., 1998. — 53 с. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0788-98>
 14. Фурдичко О.І. Землі лісові як об'єкт праці та екологічних спостережень у лісівництві / О.І. Фурдичко, А.М. Бобко // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 7. — С. 60–64.
 15. Дребот О.І. Ліси та лісівництво в Україні: стан і економічні наслідки землекористування у дзеркалі часу / О.І. Дребот, А.М. Бобко // Економіка України. — 2015. — № 1. — С. 88.
 16. Закон України «Про природні монополії» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1682-14>
 17. Фурдичко О.І. Екологічні проблеми природокористування в науці і практиці лісогосподарського виробництва / О.І. Фурдичко // Вісник національної академії наук України. — 2012. — № 4. — С. 39–47.
 18. Программа действий: Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. — Женева: Публикация Центра «За наше общее будущее», 1993. — 10 с.
 19. Лісівництво. Терміни та визначення: ДСТУ 3404-96 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/593498/>
 20. Українська енциклопедія лісівництва / за ред. С.А. Генсірука / Національна академія наук України, Наукове товариство ім. Шевченка, Державний комітет лісового господарства України. — Львів, 1999. — 464 с.
 21. Лесная энциклопедия. Т. I / под ред. Г.И. Воробьева. — М.: Сов. энциклопедия, 1985. — 563 с.

REFERENCES

1. Pro zemelnu reformu. Postanova Verkhovnoi Rady Ukrainskoi RSR vid 18 hrudnia 1990 roku № 563-XII [On Land Reform: Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine]. (n.d.). zakon.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/563-12> [in Ukrainian].
2. Lisovyi kodeks Ukrainskoi RSR [Forest Code of the Ukrainian SSR]. (1981). Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
3. Lisovyi kodeks Ukrainy. Dokument 3852-XII [Forest Code of Ukraine]. zakon.rada.gov.ua. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12> [in Ukrainian].
4. Lesovodstvo. Terminy u opredeleniya [Forestry. Terms and Definitions]. (n.d.). [HOST 18486-87.docx.cntd.ru](http://docs.cntd.ru). Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/gost-18486-87> [in Russian].
5. Entsyclopediia Suchasnoi Ukrainy [Encyclopedia of Modern Ukraine]. (n.d.). esu.com.ua. Retrieved from http://esu.com.ua/search_articles.php?id=55624 [in Ukrainian].
6. Istoriia rozvytku lisovoho prava i zakonodavstva [History of forest law and legislation]. (n.d.). studme.com.ua. Retrieved from: https://studme.com.ua/1597012214669/pravo/istoriya_razvitiya_lesnogo_prava_zakonodatelstva.htm [in Ukrainian].
7. Stoletye uchrezhdeniya Lesnogo departamenta. 1798–1898 [Centenary of the Forestry Department. 1798–1898]. (1998). SPb.: Tipo-litografija Ju.Ja. Rimana; Faksymylnoe yzdanye Federalnoi sluzhboi lesnogo khoziaistva Rossy [in Russian].
8. Mykhailov, L.E., Bronyna, A.B. (Eds.). (1984). Osnovy lesnoho zakonodatelstva Soiuzu SSR y Soiuznykh respublik. Utverzhdeny Zakonom SSSR ot 17 yuniia 1977 h. [Fundamentals of forest legislation of the USSR and Union Republics]. *Sbornyk normatyenykh materiyalov po lesnomu khoziaistvu [Collection of regulatory materials for forestry]*. Moskva: Lesnaja promyshlennost' [in Russian].
9. Osnovnye etapy lesoustroistva USSR za 50 let (1917–1967). Kratkyi ystorycheskaia ocherk [The main stages of forest management of the Ukrainian SSR for 50 years (1917–1967)]. (n.d.) www.openforest.org.ua. Retrieved from: <https://www.openforest.org.ua/126265/>
10. Ynstruktsiia za ustroistvu Hosudarstvennogo lesnogo fonda SSSR. Chast pervaia [Instructions for the device of the State Forest Fund of the USSR. Part I]. (1964). Moskva [in Russian].
11. Kratkyi spravochnyk po lesnomu fondu Ukraynskoi SSR na 1 yanvaria 1988 h. [Quick reference to the forest fund of the Ukrainian SSR on 1st January 1988]. (1989). Kiev [in Russian].
12. Standartna statystychna klasifikatsiia zemlekorystuvannia YEEK/FAO OON [Standard statistical classification of UNECE / FAO land use]. (1989). Zheneva [in Ukrainian].
13. Instruktziia z zapovnennia derzhavnoi statystychnoi zvitnosti z kilkisnogo obliku zemel [Instruction for completing national statistical reporting on quantitative land registration]. (n.d.). zakon2.rada.gov.ua. Retrieved from: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0788-98>

14. Furdychko, O.I., Bobko, A.M. (2013). Zemli lisovi yak ob'iekt pratsi ta ekolohichnykh sposterezhen u lisivnytstvi [Forest lands as objects of work and environmental observations in forestry]. *Visnyk ah-rarnoi nauky — Bulletin of agrarian science*, 7, 60–64 [in Ukrainian].
15. Drebot, O.I., Bobko, A.M. (2015). Lisy ta lisivnytstvo v Ukraini: stan i ekonomichni naslidky zemle-korystuvannia u dzerkali chasu [Forests and forestry in Ukraine: the state and economic consequences of land use in the mirror of time]. *Ekonomika Ukrainy — Ukraine economy*, 1, 88 [in Ukrainian].
16. Zakon Ukrainy «Pro pryrodni monopolii» [Law of Ukraine «On Natural Monopolies»]. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1682-14> [in Ukrainian].
17. Furdychko, O.I. (2012). Ekolohichni problemy pryrodokorystuvannia v nautsi i praktytsi lisohospodarskoho vyrobnytstva [Environmental problems of nature management in science and practice of forestry production]. *Visnyk Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy — Bulletin of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*, 4, 39–47 [in Ukrainian].
18. *Prohramma deistvyi: Povestka dnia na 21 vek y druhye dokumenty konferentsiy v Ryo-de-Zhaneiro v populiarnom yzlozheny [Program of action: Agenda 21 and other documents of the Rio de Janeiro conference in a popular presentation]*. (1993). Geneva [in Russian].
19. Lisivnytstvo. Terminy ta vyznachennia [Forestry. Terms and definitions]. *DSTU 3404-96. www.twirpx.com*. Retrieved from: <https://www.twirpx.com/file/593498/> [in Ukrainian].
20. Hensiruk, S.A. (Ed.) *Ukrainska entsyklopediia lisivnytstva [Ukrainian Encyclopedia of Forestry]*. (1993). Lviv [in Ukrainian].
21. Vorobëv, H.Y. (Ed.) (1985). *Lesnaia entsyklopedyia. T. I [Forest Encyclopedia. T. I]*. Moskva: Sov. Jenciklopedija [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020

DYNAMICS OF COSTS OF ECOSYSTEM SERVICES OF SMALL TOWNS IN KYIV REGION

O. Zibtseva, V. Yukhnovskiy

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Здійснено порівняння екологічного потенціалу двох рівновіддалених від Києва малих міст — Фастова і Кагарлика за загальною вартістю екосистемних послуг, отримуваних на їх території. Дослідні міста розташовуються у Київській височинній області лісостепової зони, мають схожу історію розвитку, але різняться за площею, кількістю мешканців і щільністю поселення, а також промисловим розвитком і структурою землекористування. Незважаючи на переваги концепції екосистемних послуг, її застосування в міському плануванні стримується обмеженістю або відсутністю даних для оцінювання. Дослідження виконано за матеріалами генеральних планів міст з використанням трансферного методу. Вартість екосистемних послуг на території дослідних малих міст розраховано за категоріями земельного фонду — сільськогосподарськими угіддями, лісовими екосистемами і водними поверхнями. Екосистемні послуги з 1 га кожної категорії землекористування скориговано переведенням у долари США з урахуванням коефіцієнта переносу вартості за паритетом купівельної спроможності грошей для України. Встановлено, що загальна кількість отримуваних екосистемних послуг майже однакова для обох міст. Водночас, міста суттєво відрізняються відносною кількістю екостабілізуючих територій, що позначається на питомих показниках вартості екосистемних послуг. На одного мешканця Фастова припадає втричі менша кількість екосистемних послуг, а на одиницю площі — вдвічі, й така тенденція буде збережена у перспективі. Динаміка загальної вартості екосистемних послуг на території Кагарлика свідчить про недотримання принципу екозбалансованості території у перспективному плануванні, що суперечить концепції сталого розвитку.

Ключові слова: землекористування, зелені насадження, екозбалансований розвиток.

The ecological balance of the territories of small towns is ensured by the balance of economic entities and local natural ecosystems. Nowadays, significant progress has been made in identifying, quantifying and evaluating different ecosystem services (ES), but they remain poorly implemented in urban planning [1]. Legislative uncertainty of the mechanisms of the long-term development of small towns and the inadequate use of ecosystem services as the main tool for managing the state of the urban environment exacerbates not only socio-economic but also environmental problems of the development of small towns.

The use of land is undergone dramatic changes and conflicts over demand for land and requires coherent management and responsible land use on the locally. At present, fertile land coverage is increasing with buildings, transport infrastructure and industry,

which calls for the preservation of natural resources [2].

With the strengthening of sustainable urban planning, the concept of a compact green town has become a global world ideal [3]. However, sealing processes are posed a threat to the town's green space [4], which is already problematic in compact towns [5]. Artmann et al. [6] consider it necessary to combine the concept of green infrastructure and ecosystem services with the strategic landscape planning of compact towns, as well as to introduce rules for compromises between sealing towns and providing green space. It is noted that priorities for the distribution of land in urban green spaces are neglected or easily negotiated in countries in transition [7].

Unfortunately, for most small towns, planting inventory data are absent or obsolete [8], moreover, data from different sources have significant differences, which does not contribute to successful planning and mana-

gement [9]. Instead, an accurate definition of the urban green space is a prerequisite for understanding its ecosystem services [10].

Ecosystem services in towns and adjacent suburban areas are one of the main factors that guarantee quality of life. Most studies relate to individual towns [11]. Determining the implications of the use of urban lands for ecosystems and the quantitative indicators of the relationship between urban land dynamics and landscape ecological stability are important for the effective formulation of urban development and environmental policies for sustainable urban development [12].

Urban ecosystem services can increase the sustainability of the city, which directly depends on the quantity, quality and diversity of the green infrastructure they produce.

The aim of the study was to carry out a comparative description of the ecological potential of the ecologically balanced development of small towns of Kyiv region in terms of ecosystem services.

MATERIAL AND METHODS

The objects of the study were two small towns — Fastiv and Kaharlyk, which are developing intensively. Their selection is made according to the criterion of availability of current (newly developed) publicly available

master planning materials. This choice is justified by the lack of a population census, the inventory of urban green spaces, the availability of data on the territories of small towns and the convenience of use [13]. Both towns are geographically located on the Kyiv Plateau in the Kyiv Highland province of the Forest-Steppe zone. The towns have similarities with the period of founding — respectively, 1390 and 1142 years, the distance from Kyiv (64 and 77 km), but significantly vary by area and population, and therefore the density of settlement (Fig. 1, Table 1).

The town of Fastiv is an important railway hub with developed industry, which has 3.5 times more population than Kaharlyk. Both towns are territorially belonging to a zone of significant warm supply, unstable moisture.

For the territories of both towns, black soils are characteristic of loamy loam: for Fastiv they are loamy, and for Kaharlyk they are typical slight-humus. The territories of both towns cross the rivers almost in half, forming water-green diameters and green wedges. Despite the location in the Forest-steppe zone and urban planning requirements for the formation of green space, the green areas of towns are practically absent. For the outskirts of Fastiv characteristic agricultural cenosis



a



b

Territories of Fastiv (a) and Kaharlyk (b) towns according to satellite imagery on August 26, 2018 (Land Viewer EOS) in natural color

Table 1

Physical-geographical characteristics of small towns

Town	Year of foundation	Distance from Kyiv, km	Area, ha	Population, thousand residents	Population density, persons/km ²
Fastiv	1390	64	4386	48.5	1105
Kaharlyk	1142	77	2131	13.8	647

Table 2

Economic characteristics of small towns

Town	Financial capacity		Ecological tax, UAH/ha
	UAH per person	UAH per m ²	
Fastiv	4981.71	5.28	37.63
Kaharlyk	2274.07	1.47	24.51

are in place of oak forests, and for Kaharlyk – in place of meadow steppes and steppe meadows. On the territory of both towns there are parks-monuments of landscape gardening: in Fastiv – Molodizhnyi and Fastivskiyi parks, in Kaharlyk – Kaharlytskyi park.

Fastiv is not only a railway hub, but also an industrial town with advanced engineering, woodworking, food production, pulp and paper industry and others. Kaharlyk has developed food production, fish farming etc. Living conditions of the population are estimated as moderately favorable for Fastiv and satisfactory – for Kaharlyk [14]. Both towns have newly developed general plans approved in 2016 and 2014, respectively. In addition, the analysis of towns was supported by publicly available data on the characteristics of small towns over the data of land management forms 6-earth (Table 2).

Data the table 2 indicate that financial capacity per person or budget revenues per unit of the town of Fastiv is 2.2 and 3.6 times higher than the similar indicators of Kaharlyk town. Similarly, the environmental tax per unit of the territory of Fastiv is 1.5 times higher than the similar indicator of Kaharlyk, which indicates more powerful harmful production in its territory.

According to the master plan of 1987, the Kaharlyk area amounted to 1517.0 hectares, and the population by 2007 would have grown to 40.0 thousand, which turned out to be too optimistic. Instead, despite almost three times lower than the planned population (13.8 thousand), the town's area has already increased in 1.4 times. The town is considered compact. From the west, the Kaharlyk area is limited to the highway of the Kyiv-Myronivka railroad and the industrial zone, the refineries of the sugar plant, from the east – the highway of the state importance of H-01, the main gas pipeline and the transmission line, which leads to an elongated meridian-radial planning structure. Three industrial zones have been formed in the city territory, which are enclosed in the residential area, which is a significant anthropogenic load on the urban ecosystem.

To determine the value of all ecosystem services provided to locals in the studied small towns, the technique, which takes into account the types of land use [12] have already been used by us [15]. According to the method, urban lands are divided into four categories of land use: urban (built) arable land, forest and water. We have applied this technique using the cost-transfer coefficient defined by the formula [15]:

$$V_{tr} = V_1 \cdot \frac{GDP_{tr}}{GDP_1}, \quad (1)$$

where V_{tr} is the value of the service in the target country of study, i.e. Ukraine; GDP_{tr} – gross national product per capita in the country of study; GDP_1 is the gross national product per capita in the country where the data chosen from.

Formula 1 uses gross national income per capita in purchasing power parity in USD for 2017: China – \$16760, Ukraine – \$8900, i.e. the $GDP_{tr} / GDP_1 / GDP_1$ cost transfer ratio is 0.53.

For comparison, the average annual cost of 1 hectare non-urban ecosystem services may be \$ 1093-2777 [16]. That is, our rather virtual values are comparable to data of other sources.

In connection with the distribution of urban areas for only four specified categories, in addition to the forest, the area of all urban green plantations was also attributed, and to the arable land – the area of all agricultural lands and wetlands, the rest of the territories are conventionally attributed to urban landscapes, which are ecosystem services do not provide. For both towns, the opportunity to determine the cost of ecosystem services at both the current stage and the prospective general plan was realized (by 2036).

RESULTS AND DISCUSSION

According to the current master plan, the ecological framework of the Kaharlyk town is represented by a system of green plantations, water areas and coastal protected streams of the Ros river and its tributaries. At present, the area of the park-monuments of landscape architecture of national importance «Kaharlytskyi» has decreased from 35.5 hectares (in 1980) to 29.5 hectares.

The prospective development of the town is foreseen, in particular, due to the conversion of 176.8 hectares of agricultural land, 59.5 hectares of forests, 0.7 hectares of free-of-territory land development, and the use of 99.0 hectares of land outside the city. An increase in the total area of green spaces is expected at the expense of 12.5 hectares of

agricultural land, 59.5 hectares of forests (of which 7.0 hectares are suburban). Other extensions of the city square are planned at the expense of 42.9 hectares of agricultural land and 23.6 hectares of free-of-territory development (of which 46.0 hectares are suburban). The use of 5.5 hectares of agricultural land is also foreseen for the creation of special purpose green plantations.

The new general plan envisages an increase in the area of public construction more than twice: from 3.2 to 7.1% of the total area, reducing the area of agricultural land from 51.0 to 37.7%, increasing the area of green spaces of common use from 100.8 to 179.8 hectares. At present, the provision of greenery is 73.0 m² per capita, and according to the plan for 2036 it will be 112.3 m² per capita. It should be noted that the norm of planting greenery – the only straightforward normalized indicator for green public spaces – for the city is currently observed. However, since there was no inventory of greenery in the city (which is typical for Ukrainian small towns), there is no clear data on the availability of all categories of green plantings.

Tables 3 and 4 give an overview of the current and future situation regarding the cost of ecosystem services in urban research areas.

At present, 65.6% of the town's area under the built-up (eco-destabilizing) territories of the Fastiv is located, and in the long run this indicator will increase by 2.4% to 67.9%. At the territory of Kaharlyk, only 33.7% of the territory is currently under building, but in the long run the indicator increase by 8.6% and will amount to 42.3%.

Table 4 takes into account the perspective dynamics of the demographic situation (population increase from 48.5 to 55 thousand in Fastiv and from 13.8 to 16.0 thousand in Kaharlyk), as well as expansion of the Fastiv area from 4386 to 4562.5 hectares and Kaharlyk from 2130.7 to 2280 hectares by 2036. According to calculations, the total cost of ecosystem services in the territory of Fastiv is only 5%, and in the long run – by 6%, the value of the total indicator for the territory of Kaharlyk, which currently has twice the area, will exceed.

Table 3

Dynamics of land categories and cost of ecosystem services in small towns

Town, year	Area, ha		
	Arable land	Forest	Water
Fastiv 2015	1199.42	224.66	85
Fastiv 2036	1019.55	357.62	85
Kaharlyk 2013	1087.70	237.20	87.6
Kaharlyk 2036	865.70	362.20	87.6
<i>Cost of ecosystem services, USD</i>			
Cost of ES per ha	972.38	1537.05	3233.77
Fastiv 2015	1166292.01	345313.65	274870.45
Fastiv 2036	991390.03	549679.82	274870.45
Kaharlyk 2013	1057657.73	364588.26	283278.25
Kaharlyk 2036	841789.37	556719.51	283278.25

Table 4

Dynamics of ecosystem services cost sharing in small towns

Town, year	Total cost of EP, USD	Cost, USD	
		Per capita	Per 1 ha
Fastiv 2015	1786476.11	36.82	407.31
Fastiv 2036	1815940.30	32.43	398.01
Kaharlyk 2013	1705524.24	123.59	800.45
Kaharlyk 2036	1681787.13	105.11	737.62
<i>The value of ecosystem services</i>			
Fastiv 2015	1.05	0.30	0.51
Fastiv 2036	1.06	0.26	0.50
Kaharlyk 2013	1	1	1
Kaharlyk 2036	0.99	0.85	0.92

Data of table 4 emphasize the negative temporal dynamics of ecosystem services per capita and per unit area of both towns. The exception is only the total cost of ecosystem services in Fastiv for the future, which suggests a well-thought out development of urban areas in terms of newly developed general plan for long-term development of the town.

In terms of one hectare, the number of ecosystem services received in Fastiv, now and in the future, is twice lower than in Kaharlyk. In the long run, it decreases by 2.2 and 7.8% respectively, which suggests that, despite the decrease the cost of ecosystem services in Kaharlyk is much faster, nevertheless the town has a better planning structure from the point of view of ecological balance, where

relatively broadly represented eco-stabilizing territories. At the same time, due to the different population density in research towns (in 1.7 times), Kaharlyk has three times more per capita, and in the long run – almost four times more valuable ecosystem services.

According to the indicators of general planning for the development of Fastiv, in the long run, the total cost of ecosystem services in its territory will increase slightly, but due to the growth of the population (by almost 7.5 thousand) the indicator per capita will decrease by 12%, and by 1 ha – only on 2.2%, despite the expansion of the town's area in the long run by 176.5 hectares.

In the case of implementation of the master plan for the perspective development of Kaharlyk, by 2036, the total cost of ecosystem services received from ecosystems in its territory will slightly decrease (by 1.4%), despite the growth of the town's area by 149.3 hectares (or 7%), which will correspond to a reduction of the cost by 8% per 1 ha of the town territory and by 15% per capita (in case of reaching the estimated prospective population – 16.0 thousand).

All this testifies to the fact that, despite the declaration by the developers of the master plans for the sustainable development of urban areas, this problem has not been given sufficient attention. At present, calculations are not used that would allow modeling and controlling the eco-balanced development of urban areas. As a result, there is an expansion of the town, first of all, the built-up area, which is accompanied by a promising decrease in the cost of ecosystem services in the towns.

CONCLUSIONS

It has been found that the research towns – Fastiv and Kaharlyk have similar not only geographic characteristics but also close value

assessments of ecosystem services provided in their territories. However, towns differ significantly in the relative number of eco-stabilizing areas, which affects the specific indicators of the number of ecosystem services per capita and per unit of urban area. One resident of Fastiv accounted for three times less ecosystem services, and twice less per unit area. This tendency is traced to the future.

The analysis of the dynamics of the total cost of ecosystem services in the territory of the pilot towns, first of all Kaharlyk, revealed non-compliance with the ecological balance of the territory in the perspective planning of towns, which contradicts the concept of sustainable development.

It is determined that although the pilot towns are declared as compact, their area is expanded disproportionately to the demographic situation. Sustainable urban development involves preserving natural resources. However, the development of towns and, as a result, the reduction of economically stabilized lands – forest and arable land, due to which urban expansion is usually taking place, will further reduce the overall cost of ecosystem services that provide green infrastructure and relative indicators per capita and per unit of urban areas.

We consider expedient to adhere to the development of small towns in a compact scenario, and if necessary, the implementation of their socio-economic development should be foreseen at the expense of hypertrophied extensive agricultural structure. Contrary to current norms, in Kaharlyk (as in many small towns of the region) there is virtually no suburban green zone in the form of forest massive, the formation of which should be immediately focused in the near future. To increase the ecological potential of towns, the expediency of preserving forest lands and ecologically stabilizing lands is substantiated.

ЛІТЕРАТУРА

1. Assessing how green space types affect ecosystem services delivery in Porto, Portugal / M. Graça, P. Alvesa, J. Gonçalves [et al.] // *Landscape and Urban Planning*. – 2018. – Vol. 170. – P. 195–208.
2. A typology of urban green spaces, ecosystem services provisioning services and demands [Електро-
- ний ресурс] / R. Svejić, K. Eler, M. Pintar [et al.]. – 2015. – Режим доступу: http://greensurge.eu/working-packages/wp3/files/D3.1_Typology_of_urban_green_spaces_1_.pdf2
3. *Tappert S.* Contested urban green spaces in the compact city: The (re-) negotiation of urban gardening

- in Swiss cities / S. Tappert, T. Klöti, M. Drilling // *Landscape and Urban Planning*. — 2018. — Vol. 170. — P. 69–78.
4. *Anguluri R.* Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities / R. Anguluri, P. Narayanan // *Urban Forestry & Urban Greening*. — 2017. — Vol. 25. — P. 58–65.
 5. *Haaland C.* Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review / C. Haaland, C. Van den Bosch // *Urban Forestry & Urban Greening*. — 2015. — Vol. 14. — P. 760–771.
 6. *Artmann M.* Using the Concepts of Green Infrastructure and Ecosystem Services to Specify Leitbilder for Compact and Green Cities—The Example of the Landscape Plan of Dresden (Germany) / M. Artmann, O. Bastian, K. Grunewald // *Sustainability*. — 2017. — Vol. 9(2). — P. 198.
 7. Capturing residents' values for urban green space: Mapping, analysis and guidance for practice / C. Ivesab, C. Okeac, A. Hehird [et al.]. // *Landscape and Urban Planning*. — 2017. — Vol. 161. — P. 32–43.
 8. *Большова О.Г.* Проблемы и перспективы озеленения малых городов Липецкой области / О.Г. Большова, И.Л. Бухарина // *Аграрный вестник Урала*. — 2012. — № 9(101). — С. 59–63.
 9. Challenges of urban green space management in the face of using inadequate data / M. Feltynowski, J. Kronenberg, T. Bergier [et al.]. // *Urban Forestry & Urban Greening*. — 2018. — Vol. 31. — P. 56–66.
 10. Dynamics of Hierarchical Urban Green Space Patches and Implications for Management Policy / Z. Yu, Y. Wang, J. Deng [et al.]. // *Sensors*. — 2017. — Vol. 17(6). — P. 1304.
 11. *Szumacher I.* Temporal Changes in Ecosystem Services in European Cities in the Continental Biogeographical Region in the Period from 1990–2012 / I. Szumacher, P. Pabjanek // *Sustainability*. — 2017. — Vol. 9. — P. 665.
 12. Coupling Intensive Land Use and Landscape Ecological Security for Urban Sustainability: An Integrated Socioeconomic Data and Spatial Metrics Analysis in Hangzhou / X. City Cen, C. Wu, X. Xing, [et al.]. // *Sustainability*. — 2015. — Vol. 7. — P. 1459–1482.
 13. *Yukhnovskiy V.* Dynamics of ecological stability of small towns in Kyiv region / V. Yukhnovskiy, O. Zibtseva // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. — 2018. — Vol. 27(2). — P. 386–398.
 14. Комплексний атлас Київської області [О.В. Онищак, О.Ю. Король, О.В. Радченко та ін.] — К.: ДНВП «Картографія», 2009. — 80 с.
 15. *Yukhnovskiy V.* Eco-service potential of sustainable development of small towns / V. Yukhnovskiy, O. Zibtseva // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. — 2019. — Vol. 28(4). — P. 795–803.
 16. *Strokov A.* Ecological evaluation of ecosystem services in Tavushskaya oblast' of Armenia [Електронний ресурс] / A. Strokov, I. Poleshkina // *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. — 2016. — Vol. 2. — Режим доступу: www.ajejournal.com

REFERENCES

1. Graça, M., Alves, P., Gonçalves, J., Nowak, D.J., Hoehn, R., Farinha-Marquesa, P., & Cunhab, M. (2018). Assessing how green space types affect ecosystem services delivery in Porto, Portugal. *Landscape and Urban Planning*, 170, 195–208 [in English].
2. Cvejić, R., Eler, K., Pintar, M., Železnikar, Š., Haase, D., Kabisch, N. & Strohbach, M. (2015). A typology of urban green spaces, ecosystem services provisioning services and demands. *greensurge.eu* Retrieved from: http://greensurge.eu/working-packages/wp3/files/D3.1_Typology_of_urban_green_spaces_1_.pdf2 [in English].
3. Tappert, S., Klöti, T. & Drilling, M. (2018). Contested urban green spaces in the compact city: The (re-)negotiation of urban gardening in Swiss cities. *Landscape and Urban Planning*, 170, 69–78 [in English].
4. Anguluri, R. & Narayanan, P. (2017). Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 25, 58–65 [in English].
5. Haaland, C. & Van den Bosch, C.K. (2015). Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14, 760–771 [in English].
6. Artmann, M., Bastian, O. & Grunewald, K. (2017). Using the Concepts of Green Infrastructure and Ecosystem Services to Specify Leitbilder for Compact and Green Cities—The Example of the Landscape Plan of Dresden (Germany). *Sustainability*, 9(2), 198 [in English].
7. Ivesab, C.D., Okeac, C., Hehird, A., Gordona, A., Wangd, Y. & Bekessya, S.A. (2017). Capturing residents' values for urban green space: Mapping, analysis and guidance for practice. *Landscape and Urban Planning*, 161, 32–43 [in English].
8. Bolshova, O.G. & Bukharina, I.L. (2012). Problemy i perspektivy ozeleneniya malykh gorodov Lipetskoy oblasti [Problems and prospects of landscaping small towns of the Lipetsk region]. *Agrarnyy vestnik Urala — Agrarian Bulletin of the Urals*, 9 (101), 59–63 [in Russian].
9. Feltynowski, M., Kronenberg, J., Bergier, T., Kabisch, N., Laszkiewicz, E. & Strohbach, M.W. (2018). Challenges of urban green space management in the face of using inadequate data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 31, 56–66 [in English].
10. Yu, Z., Wang, Y., Deng, J., Shen, Z., Wang, K., Zhu, J., & Gan, M. (2017). Dynamics of Hierarchical Urban Green Space Patches and Implications for Management Policy. *Sensors*, 17(6), 1304 [in English].
11. Szumacher, I. & Pabjanek, P. (2017). Temporal Changes in Ecosystem Services in European Cities in the Continental Biogeographical Region in the Period from 1990–2012. *Sustainability*, 9, 665 [in English].

12. Cen, X., Wu, C., Xing, X., Fang, M., Garang, Z. & Wu, Y. (2015). Coupling Intensive Land Use and Landscape Ecological Security for Urban Sustainability: An Integrated Socioeconomic Data and Spatial Metrics Analysis in Hangzhou City. *Sustainability*, 7, 1459–1482 [in English].
13. Yukhnovskiy, V.Yu. & Zibtseva, O.V. (2018). Dynamics of ecological stability of small towns in Kyiv region. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27(2), 386–398 [in English].
14. Onyshchak, O.V., Korol, O.Yu. & Radchenko O.V. (Ed.). (2009). *Kompleksnyi atlas Kyivskoi oblasti* [The complex atlas of the Kiev region]. Kyiv: DNVF «Kartohrafiia» [in Ukrainian].
15. Yukhnovskiy V. & Zibtseva O. (2019). Eco-service potential of sustainable development of small towns. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28(4), 795–803 [in English].
16. Strokov, A. & Poleshkina, I. (2016). Economical evaluation of ecosystem services in Tavushskaya oblast' of Armenia. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, [Online]. 2, 1, Retrieved from: www.arejournal.com [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 25.01.2020

УДК 338.49:507.043

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201285>

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕКРЕАЦІЙНО-ТУРИСТИЧНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

О.І. Дребот, К.О. Бабікова

Інститут агроекології і природокористування НААН

Проаналізовано еколого-економічну оцінку розвитку екологічного туризму на рекреаційних територіях, а також рейтинг регіонів ресурсно-рекреаційних компонентів України. Визначено інтегральну оцінку природних рекреаційно-туристичних ресурсів України за такими природними блоками: кліматичні, рослинні, тваринні. Запропоновано етапи прийняття організаційно-управлінських рішень для забезпечення збалансованого рекреаційно-туристичного природокористування, що сприятиме невиснажливому природокористуванню та розширеному відтворенню ресурсів. У рекреаційно-туристичному господарстві одним з найважливіших завдань є визначення та неухильне дотримання принципу еколого-економічної ефективності, що дає змогу утримувати рекреаційні зони у належному стані та забезпечити рентабельність рекреаційно-туристичного господарства.

Ключові слова: рекреаційні ресурси, рекреаційно-туристичний потенціал, природокористування, інтегральні природні ресурси, територіальна структура, туристична індустрія.

Територія України є складним і різноманітним комплексом географічних, природно-кліматичних, гідрологічних та інших чинників, а також ресурсів тваринного та рослинного світу, унікальність сполучення яких обумовлює формування незвичайного за властивостями рекреаційно-оздоровчого потенціалу багатьох регіонів нашої країни. Значна кількість об'єктів культурної та архітектурної спадщини, музеїв та інших пам'яток, пов'язаних із видатними історичними подіями та особистостями,

визначає високий рівень привабливості національних туристичних маршрутів для пізнавального, розважального та пригодницького проведення дозвілля. У регіонах України сформовано також доволі потужну інфраструктуру гостинності, розміщення та обслуговування вітчизняних і зарубіжних туристів [1].

Проблема раціонального природокористування полягає в забезпеченні всебічного використання, відновлення і збереження природних умов і ресурсів рекреації із урахуванням об'єктивно існуючих потреб. Для її розв'язання потрібно глибоко і всебічно

обґрунтувати наукові і практичні заходи, які сприятимуть планомірно забезпечувати і цілеспрямовано управляти розвитком рекреаційно-туристичного природокористування. Теоретичною основою комплексного вивчення і розв'язання цієї проблеми є системний підхід, який надає змогу проаналізувати і впорядкувати цілі функціонування тих чи інших систем, встановлювати відповідність між метою, можливостями вирішення питань і необхідними для цього ресурсами [2, 3]. В Україні розроблено Стратегію розвитку туризму та курортів на період до 2026 р., ціллю якої є реалізація еколого-економічних та соціальних функцій туризму, тобто збереження охорони навколишнього природного середовища і культурної спадщини під час туристичної діяльності, збільшення прибутків від туристичної галузі, що забезпечить збалансований розвиток туристично-рекреаційної діяльності.

Метою роботи є розгляд питання щодо еколого-економічної оцінки раціонального користування туристично-рекреаційними територіями, у яких значну роль займає система заходів, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для реалізації досягнення поставленої мети використовували такі методи досліджень: монографічний (опрацювання наукових публікацій, нормативних документів, статистичних даних); аналізу та синтезу (обґрунтування, теоретико-методологічний підхід до оцінювання збалансованості розвитку рекреаційних територій в аспекті природокористування); абстрактно-логічний (теоретичні узагальнення та формулювання висновків). Інформаційну основу дослідження становлять вітчизняні та міжнародні законодавчі і нормативні акти в сфері рекреації, охорони навколишнього природного середовища, економіки природокористування.

Значний внесок у вирішення питань рекреаційно-туристичного природокористування зробили провідні вітчизня-

ні вчені, зокрема: М. Біль [4], Л.М. Черчик [5], О.С. Шаптала [6]. Однак досі залишається низка невирішених та дискусійних питань щодо адаптації еколого-економічної оцінки рекреаційно-туристичної діяльності в аспекті природокористування.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Рекреаційне природокористування є цілісною системою відносин «людина (суспільство) — довкілля (природа)», які складаються на певному етапі суспільного розвитку в процесі вивчення, освоєння, використання, перетворення, охорони та відтворення природно-ресурсного потенціалу території (акваторії) для задоволення індивідуальних та суспільних рекреаційних потреб [7].

Україна має значний природний рекреаційно-туристичний потенціал, здатний задовольнити різноманітні потреби як вітчизняних, так і іноземних туристів. Насамперед, це компоненти фізико-географічних умов і об'єктів території: кліматичних, земельних, мінерально-сировинних, ландшафтних (рис. 1). Загальна площа природних комплексів, придатних для рекреації і туризму, становить понад 9 млн га, або близько 18% від загальної площі країни.

Зокрема, в країні налічується понад 63 тис. річок, серед яких 9 — великих з площею водозбору понад 50 тис. км². До вод-

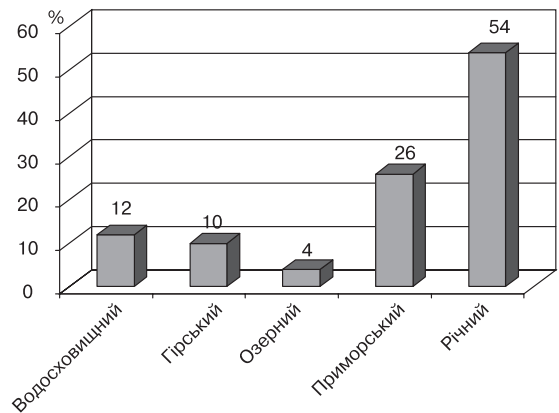


Рис. 1. Структура рекреаційного районування України

них туристичних ресурсів також належать понад 8 тис. озер і лиманів із загальною площею дзеркала 4021,5 км². Крім того, на території України налічується понад 28 тис. ставків і 7 великих каналів загальною протяжністю 1021 км [8]. Щодо антропогенної складової туристичних ресурсів, то загальна кількість визначних пам'яток історії, археології, містобудування і архітектури, монументального мистецтва України становить 2334 об'єкти [9]. Проте, маючи значні природні і культурно-історичні ресурси, Україна не використовує їх належним чином для інтенсифікації розвитку туристичного сектора економіки. За даними фахівців, частка їх використання становить лише 30% [8].

У численних наукових напрацюваннях увагу приділено питанню організації рекреаційно-туристичного природокористування, зокрема у найбільших рекреаційних регіонах: Азово-Чорноморському, Карпатському, Подільському, Поліському, Придніпровському, Слобожанському. Слід зауважити, що на території України лише чотири макрорегіони характеризуються найвищим рекреаційним потенціалом (табл. 1).

Аналіз інтегральної оцінки природних рекреаційно-туристичних ресурсів України свідчить, що шість регіонів країни отримали 4 бали, дещо нижчий показник мають 15 регіонів – 3 бали, найнижчу оцінку отримали Донецька, Полтавська, Тернопільська області (табл. 2, рис. 2).

Таблиця 1

Рекреаційні регіони за структурою макрорегіонів України [10]

Рекреаційні регіони	Гірські	Приморські	Водосховищні	Озерні	Річкові
Азово-Чорноморський	–	10	2	1	13
Карпатський	8	–	–	–	2
Подільський	–	–	–	–	8
Поліський	–	–	–	2	6
Придніпровський	–	–	6	–	8
Слобожанський	–	–	2	–	6
Загалом в Україні	8	10	10	3	43

Таблиця 2

Інтегральна оцінка природних рекреаційно-туристичних ресурсів України [10]

Область	Оцінка ресурсів			Загальна сума балів	Інтегральна оцінка
	кліматичні	рослинні	тваринні		
Вінницька	4	2	4	10	4
Волинська	2	4	3	9	3
Дніпропетровська	5	1	2	8	3
Донецька	4	1	1	6	2
Житомирська	2	4	4	10	4
Закарпатська	3	4	5	12	4
Запорізька	5	1	1	7	3
Івано-Франківська	2	4	5	11	4
Київська	3	3	2	8	3

Область	Оцінка ресурсів			Загальна сума балів	Інтегральна оцінка
	кліматичні	рослинні	тваринні		
Кіровоградська	4	1	2	7	3
Луганська	4	2	2	8	3
Львівська	1	4	4	9	3
Миколаївська	5	1	2	8	3
Одеська	4	1	2	7	3
Полтавська	4	1	1	6	2
Рівненська	2	5	1	8	3
Сумська	3	2	4	9	3
Тернопільська	2	1	3	6	2
Харківська	3	2	5	10	4
Херсонська	5	1	2	8	3
Хмельницька	3	2	3	8	3
Черкаська	4	2	5	11	4
Чернівецька	3	3	2	8	3
Чернігівська	3	3	2	8	3

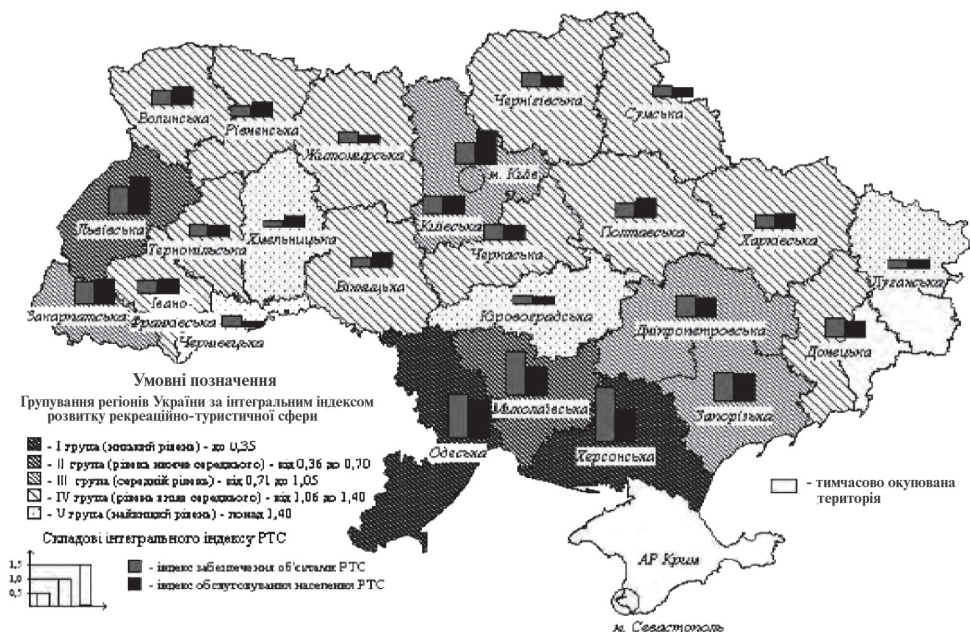


Рис. 2. Групування регіонів України за інтегральним індексом розвитку рекреаційно-туристичної сфери [10]

В аналогічний спосіб встановлювалась бальна оцінка і за іншими видами антропогенних туристичних ресурсів. Загальна оцінка і ресурсно-рекреаційний рейтинг адміністративно-територіальних суб'єктів України надається в розрізі п'яти блоків: природного, природно-антропогенного (національні парки, заповідники, ботанічні сади тощо), суспільно-географічного, інфраструктурного, біосоціального (табл. 3).

За результатами інтегральної оцінки кожен регіон має свою специфіку розвитку рекреаційно-туристичного потенціалу, що обумовлено політичною та економічною ситуацією, збільшенням цін на закордонний туристичний продукт, а це своєю чергою спричиняє зміни у розвитку рекреаційного туризму, насамперед це стосується Запорізької (Кирилівка і Бердянськ), Херсонської (Залізний Порт і Лазурне), Миколаївської (Коблеве), Одеської областей (Затока). У цих областях збільшився потік туристів, відповідно відбулося перенавантаження та забруднення пляжів, що спричиняє порушення санітарних норм, — все це негативно впливає на екологічний стан вказаних регіонів. У Карпатському регіоні потік туристів збільшується в зимовий період. Гірську рекреацію потрібно здебільшого розвивати на національному та регіональному рівнях, розширювати туристично-рекреаційні послуги, які сприятимуть збільшенню надходжень до місцевих та державних бюджетів, а також зменшенню рівня безробіття. На сьогодні постає основне питання визначення еколого-економічних допустимих норм рекреаційних навантажень на регіони.

Щодо екологічно допустимих норм рекреаційних навантажень, то у світовій практиці рекреаційно-туристичного освоєння територій застосовуються показники науково обґрунтованої максимально можливої кількості осіб, які можуть одночасно перебувати на певній території, не спричиняючи деградації природних екосистем, хоча і спостерігаються відмінності в нормативах навантаження. Подібні нормативи прийнято в США, Польщі, Чехії, Словач-

чині, Угорщині, Румунії, Молдові та інших державах. Ученими Інституту регіональних досліджень під керівництвом В. Кравців [11] розроблено нормативи рекреаційного навантаження на природні комплекси, визначено максимальне рекреаційне навантаження природних комплексів і об'єктів у межах природно-заповідного фонду України тощо. Для забезпечення раціонального природокористування у рекреаційно-туристичному господарстві важливим є дотримання принципу еколого-економічної ефективності. У цьому аспекті рекреаційно-туристичне природокористування відповідає принципу збалансованості розвитку, що сприяє еколого-економічній та соціальній безпеці, а також передбачає розвиток рекреаційно-туристичної діяльності та відновлення і збереження навколишнього природного середовища.

Для ефективного використання економічного потенціалу екосистем слід відзначити їх виняткові ресурси. На нашу думку, саме така господарська діяльність є основною. Притримуватися цього твердження перешкоджає динамічність самої економічної системи. Але запропонований підхід для пошуку рішення базується на принципі виділення пріоритетного виду діяльності. Паралельно з ним існують й інші види діяльності [12].

На нашу думку, потрібно розробити ефективний еколого-економічний механізм з оцінки управління розвитком рекреаційної діяльності і їх використання. До цього доцільно долучити формування системи управління якістю рекреаційних товарів і послуг, які будуть відповідати світовим стандартам. На сьогодні рекреаційна діяльність в Україні та за її межами розвивається доволі швидко. Але існують й еколого-економічні перешкоди збалансованого розвитку рекреаційного природокористування країни, зокрема: скорочення обсягів бюджетного фінансування щодо забезпечення використання, охорони і відтворення природних ресурсів, на які поширюється право загального рекреаційного користування; недостатність інвестицій у рекреаційну галузь; відсутність системи

Рейтинг регіонів ресурсно-рекреаційних компонентів України

Область	Оцінка ресурсів						Рейтинг регіонів
	Природний	Природно-антропогенний	Суспільно-географічний	Інфраструктурний	Біосоціальний	Загальна сума балів	
Вінницька	4	1	5	1	5	16	4
Волинська	4	2	1	1	3	11	2
Дніпропетровська	2	1	4	3	2	12	3
Донецька	1	1	3	5	1	11	2
Житомирська	1	1	4	1	5	12	3
Закарпатська	5	4	1	1	2	13	3
Запорізька	1	3	3	2	1	10	2
Івано-Франківська	4	2	2	1	4	13	3
Київська	1	2	4	3	5	15	4
Кіровоградська	1	1	5	1	2	10	2
Луганська	2	1	2	1	1	7	1
Львівська	4	1	1	2	5	13	3
Миколаївська	2	1	5	2	2	12	3
Одеська	2	1	5	4	5	17	4
Полтавська	1	1	4	1	5	12	3
Рівненська	2	3	2	1	1	9	2
Сумська	3	1	3	1	4	12	3
Тернопільська	3	1	2	1	2	9	2
Харківська	2	1	4	1	3	11	2
Херсонська	2	4	4	2	1	13	3
Хмельницька	3	1	3	1	2	10	2
Черкаська	3	2	4	1	4	14	3
Чернівецька	4	1	3	1	2	11	2
Чернігівська	1	3	3	1	5	13	3

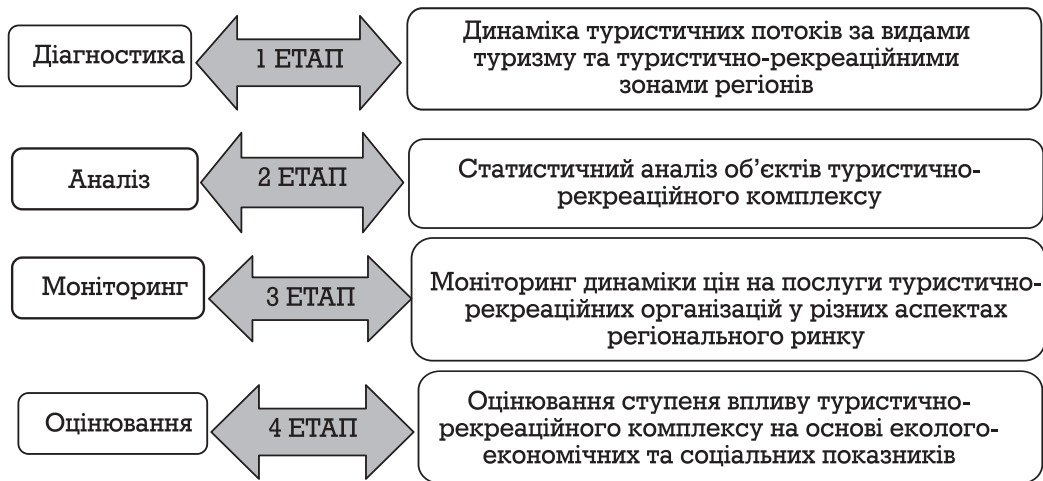


Рис. 3. Етапи прийняття організаційно-управлінських рішень для забезпечення збалансованого рекреаційно-туристичного природокористування

обліку природних рекреаційних ресурсів тощо.

Крім того, еколого-економічна оцінка рекреаційних територій полягає у забезпеченні умов збалансованого природокористування, що охоплюють відтворювальні процеси рекреаційних ресурсів та передбачають пріоритетність інвестиційно-інноваційних рішень у напрямі еколого-економічної безпеки рекреаційних макрорегіонів.

Слід також наголосити, що ключовим у питанні оцінки природокористування є подолання проблеми регіональної ідентичності – формування розуміння населенням потреб регіону [13, 14]. Тобто у оцідливому природокористуванні повинні бути зацікавлені всі соціальні структури регіону, а саме: органи влади всіх рівнів, наукові дослідні інститути, місцеве населення, яке проживає на території та активно залучене до процесу надання сервісних послуг і формування комплексного туристичного продукту [15].

Перспективи подальших досліджень залежать від чітко визначених етапів розвитку щодо оцінки рекреаційно-туристичного природокористування, дотримання яких дасть змогу зменшити негативний

вплив на довкілля і збільшити позитивний, забезпечити не тільки збереження природних ресурсів, але і значний прибуток від їх використання, що буде позитивно впливати на поліпшення екологічної та соціально-економічної ситуації в регіоні; а також необхідності проведення еколого-економічної оцінки рекреаційних територій, що передбачає: діагностику, аналіз, моніторинг рекреаційних систем, оцінювання ступеня впливу туристично-рекреаційного комплексу на основі еколого-економічних та соціальних показників (рис. 3).

ВИСНОВКИ

Україна має значний рекреаційний потенціал, який за умов дієвого еколого-економічного механізму на засадах збалансованого розвитку може стати ефективним аспектом еколого-економічного та соціального розвитку, а також удосконалення конкурентоспроможності на міжнародній арені товарів і послуг тощо.

Ключовим завданням на перспективу є впровадження Стратегії розвитку туризму та курортів на період до 2026 р., тобто розроблення еколого-економічних важелів розвитку рекреаційно-туристичної діяль-

ності для збереження навколишнього природного середовища, вдосконалення сфер,

послуг, а також оздоровлення громадян у закладах рекреаційного комплексу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Димиденко І.В. Управління розвитком підприємств туристичного бізнесу: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / І.В. Димиденко; Донецьк, нац. ун-т економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. — Донецьк, 2015. — 18 с.
2. Гаврильчак Н.И. Рентные отношения в рекреационной деятельности: монография / Н.И. Гаврильчак, О.Н. Зацепило. — СПб: Университет сервиса и экономики, 2012. — 107 с.
3. Луців Н.Г. Принципи екологічної політики для стимулювання ефективного рекреаційного природокористування / Н.Г. Луців // Регіональна економіка. — 2009. — № 3. — С. 152–158.
4. Біль М. Механізм державного управління туристичною галуззю (регіональний аспект): наук. розробка / М. Біль, Г. Третяк, О. Крайник. — К.: НАДУ, 2009. — 40 с.
5. Черчик Л.М. Напрями удосконалення державного управління у сфері рекреаційного природокористування / Л. М. Черчик // Наук.-інформ. вісн. Акад. наук вищої освіти України. — 2012. — № 2(79). — С. 105–112.
6. Шаптала О.С. Автономна Республіка Крим: проблемні питання державного управління сферою рекреаційного обслуговування: монографія / О.С. Шаптала. — Одеса: ОРІДУ НАДУ, 2003. — 264 с.
7. Любіцева О.О. Потенціал рекреаційний / О.О. Любіцева // Екологічна енциклопедія. — Т. 3. — К., 2008. — С. 129–130.
8. Стеченко Д.М. Передумови і напрями формування туристичного ринку України / Д.М. Стеченко // Туризм: теорія і практика. — 2005. — № 1. — С. 5–11.
9. Смирнова В.В. Туристські ресурси України: навч. посібник / В.В. Смирнова. — Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. — 190 с.
10. Стратегія сталого розвитку туризму і курортів в Україні (проект) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.vincult.org.ua>
11. Мазур Ф.Ф. Соціально-економічні умови розвитку рекреаційної індустрії (на прикладі Карпатського регіону): навчальний посібник / Ф.Ф. Мазур. — К.: Центр учбової літератури, 2005. — 96 с.
12. Никоноров С.М. Эколого-экономические основы развития рекреационных зон (на примере Чувашской Республики): дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / С.М. Никоноров. — М., 2014. — 405 с.
13. Корепанов Г.С. Региональная идентичность: социокультурный и социальноэкономический подходы / Г.С. Корепанов // Известия Уральского государственного университета. — 2009. — № 3(65). — С. 276–284.
14. Любіцева О.О. Теоретичні та прикладні питання рекреаційно-туристичного природокористування в столичному місті / О.О. Любіцева, І.В. Кочеткова // Культура народів Причорномор'я. — 2009. — № 176. — С. 136–138.
15. Антопенко І.Я. Економічна оцінка регіонального рекреаційно-туристичного природокористування / І.Я. Антопенко, І.Л. Мельник // Економіка та держава. — 2018. — № 3. — С. 10–13.

REFERENCES

1. Dymydenko, I.V. (2015). *Upravlinnia rozvytkom pidpriemstv turystychnoho biznesu* [Management of tourism business enterprise development]. Doctor's thesis. Donetsk: DonNUET [in Ukrainian].
2. Havrylchak, N.Y., Zacepilo, O.N. (2012). *Rentnye otnosheniya v rekreatsionnoi deiatelnosti* [Rental relations in recreational activities]. SPb: Universitet servisa i jekonomiki [in Russian].
3. Lutsiv, N.H. (2009). *Pryntsypy ekolohichnoi polityky dlia stymuliuвання efektyvnoho rekreatsionoho pryrodokorystuvannya*. *Rehionalna ekonomika — Regional economy*, 3, 152–158 [in Ukrainian].
4. Bil, M., Tretiak, H., Krainyk, O. (2009). *Mekhanizm derzhavnoho upravlinnia turystychnoiu haluzziu (rehionalnyi aspekt)*. *The mechanism of state management of the tourism industry (regional aspect)*. Kyiv: NADU [in Ukrainian].
5. Cherchuk, L.M. (2012). *Napriamy udoskonaleniya derzhavnoho upravlinnia u sferi rekreatsionoho pryrodokorystuvannya* [Areas of improvement of public administration in the sphere of recreational nature management]. *Nauk.-inform. visn. Akad. nauk vyshch. osvity Ukrainy — Scientific-inform. hanging Acad. of higher education of Ukraine*, 2(79), 105–112 [in Ukrainian].
6. Shaptala, O.S. (2003). *Avtonomna Respublika Krym: problemni pytannya derzhavnoho upravlinnia sferoiu rekreatsionoho obsluhovuvannya* [Autonomous Republic of Crimea: Problematic Issues of State Management of the Sphere of Recreational Services]. Odessa: ORIDU NADU [in Ukrainian].
7. Liubitseva, O.O. (2008). *Potentsial rekreatsionyi. Ekolohichna entsyklopediia* [Recreational potential]. (Vol. 3). Kyiv [in Ukrainian].
8. Stechenko, D.M. (2005). *Peredumovy i napriamky formuvannya turystychnoho rynku Ukrainy* [Preconditions and directions of formation of tourist market of Ukraine]. *Turyzm: teoriya i praktyka — Tourism: theory and practice*, 1, 5–11 [in Ukrainian].

9. Smyrnova, V.V. (2009). *Turystski resursy Ukrainy: navch. posibnyk [Tourist resources of Ukraine]*. Luhansk: SNU im. V. Dalia [in Ukrainian].
10. Stratehiiia staloho rozvytku turizmu i kurortiv v Ukraini (proekt) [Sustainable Tourism and Resorts Development Strategy in Ukraine (project)]. (n.d.). www.vincult.org.ua. Retrieved from: <http://www.vincult.org.ua> [in Ukrainian].
11. Mazur, F.F. (2005). *Sotsialno-ekonomichni umovy rozvytku rekreatsiinoi industrii (na prykladi Karpat'skoho rehionu): navchalnyi posibnyk [Socio-economic conditions of development of the recreational industry (on the example of the Carpathian region)]*. Kyiv: Tsentр uchbovoi literatury [in Ukrainian].
12. Nykonorov, S.M. (2014). *Ekoloho-Ekonomycheskye osnovy razvytyia rekreatsyonnykh zon (na primere Chuvashskoi Respublyky) [Jekologo-jekonomicheskie osnovy razvitija rekreacionnykh zon (na primere Chuvashskoj Respubliki)]*. *Doctor's thesis*. Moskva [in Russian].
13. Korepanov, H.S. (2009). Rehyonalnaia ydentychnost: sotsyokulturnyi y sotsyoekonomycheskyi podkhody [Regional Identity: Sociocultural and Socioeconomic Approaches]. *Yzvestyia Uralskoho hosudarstvennoho unyversyteta – News of the Ural State University*, 3(65), 276–284 [in Russian].
14. Liubitseva, O.O., Kochetkova, I.V. (2009). Teoretychni ta prykladni pytannia rekreatsiino-turystychnoho pryrodokorystuvannia v stolychnomu misti [Theoretical and applied issues of recreational tourism in the capital city]. *Kultura narodov Prychernomorja – Culture of the peoples of the Black Sea*, 176, 136–138 [in Ukrainian].
15. Antonenko, I.Ia., Melnyk, I.L. (2018). Ekonomichna otsinka rehionalnoho rekreatsiino-turystychnoho pryrodokorystuvannia [Economic evaluation of regional recreational and tourism nature management]. *Ekonomika ta derzhava – Economy and the state*, 3, 10–13 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020

ДО 120-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ВИДАТНОГО ВЧЕНОГО, ЛЮДИНИ ДОБРОТИ, ПОРЯДНОСТІ СЕМЕНА МИКИТОВИЧА МОСКОВЦЯ (НОТАТКИ СПОГАДІВ)

*Ви шлях буремний пройшли у житті,
не втратили любов до неньки України,
безвірусні зёрна створили Землі,
ген росту знайшли у рослини!*
(А.Л. Бойко, академік НААН)

Семен Микитович Московець народився 16 січня 1900 р. у с. Санжарівка (нині с. Полтавка, Гуляйпільського р-ну Запорізької обл.). Після нелегкого дитинства та юнацтва, в 1929 р. закінчив Київський інститут народної освіти (нині КНУ імені Тараса Шевченка), де здобув біологічну спеціалізацію з мікології та зоології. На посаді доцента читав лекції у вишах Києва. Через бунтівний характер та власну думку (інакомислення) був змушений упродовж 1932–1952 рр. працювати в Азербайджані, де обіймав посаду завідувача сектора та відділу захисту рослин Науково-дослідного інституту бавовництва Азербайджанської філії АН СРСР. Упродовж цього періоду Семен Микитович вперше ідентифікував збудника вірусної природи, який викликав надзвичайно складні патології на рослинах бавовни, а саме — хлороз та скручування листя. Поряд з тим ним були розроблені заходи боротьби з цією небезпечною хворобою. Упродовж 1952–1960 рр. С.М. Московець завідував відділом та водночас був заступником директора з наукової роботи Українського науково-дослідного інституту зрощуваного землеробства (м. Херсон).

Після повернення до Києва, Семен Микитович зосередив увагу на різнопланових дослідженнях вірусів. З 1960 до 1962 року



він завідував відділом рослин та водночас був заступником директора з наукової роботи Інституту мікробіології АН УРСР. Упродовж 1962–1971 рр. — директор Інституту мікробіології та вірусології АН УРСР. За цей період очолювана ним установа за безпосереднього подання вченого одержує можливість називатися Інститутом мікробіології та вірусології ім. академіка Д.К. Заболотного АН УРСР. Слід зауважити, що під керівництвом Семена Микитовича була створена потужна наукова школа вірусологів, до якої входили 67 співробітників відділу вірусів рослин. Поряд із тим під керівництвом С.М. Московця формувалися суміжні відділи з питань мікробіології

та вірусології (відділи генетики мікроорганізмів, біофізики вірусів, фітопатогенних бактерій, фізіології грибів, технічної мікробіології і сектор молекулярної генетики та ін.).

Важливо, що далекоглядність професора С.М. Московця була також спрямована на підтримку кафедри вірусології, створеної 1962 р. у Київському державному університеті ім. Т.Г. Шевченка. Професор С.М. Московець вбачав головні стратегічні напрями розвитку вірусології в Україні у дослідженні вірусів різних видів організмів. Та все ж основні напрями досліджень він формував навколо вивчення вірусів рослин, альгофагів, віроїдів, фітоплазм. Ним були закладені засади вивчення впливу фізичних чинників (радіаційного навантаження, геліокосмофізичних чинників) на структуру і функцію вірусів. Професор С.М. Московець був умілим організатором налагодження зв'язків з науковими центрами Федеративної Республіки Німеччини, Німецької Демократичної Республіки, Російської РФСР, Азербайджанської РСР, Узбецької РСР, Білоруської РСР, Мол-

давської РСР, Прибалтійських РСР, Чехословацької СР, Франції. Чимало наукових праць С.М. Московця не втратили своєї актуальності й донині.

Семен Микитович був людиною енциклопедичних знань, у повсякденному житті щирим і щедрим товаришем, любив поезію, особливо вірші Тараса Шевченка, обожнював квіти-чорнобривці, що є одним із символів українського народу, який уособлює дитинство, рідну матір і батька, батьківщину.

*Колективи співробітників:
Інституту мікробіології і вірусології
ім. Д.К. Заболотного НАН України,
Інституту агроекології і природокористування НААН,
кафедри вірусології ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
Національного університету біоресурсів і природокористування України.
Редколегія і редакція «Агроекологічного журналу»*

Стаття надійшла до редакції журналу 8.01.2020

АННОТАЦИИ

Конищук В.В., Коваль С.И., Мельник Н.Н. Природоохранная и ресурсная характеристика запасов торфа в Украине // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 6–11.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net

Оценены запасы торфа в Украине. Приведены результаты оценки сырьевой базы торфа. Обоснована неравномерность распределения торфяных ресурсов в разрезе областей Украины. Осуществлена классификация залежей торфа. Ресурсы торфа рассчитаны по промышленному значению, степени разведанности, группам освоенности. Определена степень заторфованности территорий областей. Освещены и проанализированы площади осушаемых торфяных земель в областях.

К л ю ч е в ы е с л о в а: торф, торфяные месторождения, добыча, ресурсы, участки.

Чоботько Г.М., Райчук Л.А., Швыденко И.К., Кучма Н.Д. Математическая модель миграции ^{137}Cs в агроландшафтах Украинского Полесья в отдаленный период после аварии на ЧАЭС // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 12–18.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: chobotko@ukr.net

Приведены результаты математического моделирования вынесения ^{137}Cs из типичных агроландшафтов Украинского Полесья в отдаленный период после Чернобыльской катастрофы. Определены основные процессы, которые влияют на перераспределение радионуклидов по звеньям лесных, садовых, лугопастбищных и полевых экосистем. Установлено, что во всех без исключения экосистемах имеет место снижение содержания ^{137}Cs . Выявлено, что при реализации оптимальной системы противорадиационных мероприятий и активной эксплуатации все смоделированные экосистемы образуют следующий нисходящий ряд по выносу радионуклида: лесные экосистемы — сенокосы и пастбища (иногда овощные участки) — полевые экосистемы (преимущественно зерновые и зернобобовые культуры) — садовые экосистемы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ^{137}Cs , математическая модель, агроландшафт, вынесение радионуклида.

Павленко А.П.¹, Орлов А.А.¹, Ландин В.П.², Чоботько Г.М.⁴, Тищенко О.Г.², Мусич Е.Г.³, Соломко В.Л.⁴, Фещенко В.П.⁴ Биоиндикация загрязнения лесных экосистем ^{137}Cs при использовании тест-объектов // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 19–27.

¹ *Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. М. Высоцкого*

² *Институт проблем безопасности атомных электростанций НАН Украины*

³ *Институт геохимии окружающей среды*

⁴ *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: vlad_land@ukr.net

Рассмотрены вопросы биоиндикации радиационных загрязнений и радиоэкологического мониторинга лесных экосистем в различных природно-климатических зонах. Со времен глобальных выпадений радионуклидов в конце 1950-х — начале 1970-х годов установлено, что повышенные концентрации техногенных радионуклидов «бомбового» происхождения, в случае их аэрального поступления в лесные экосистемы, на начальном периоде имеют место в кронах деревьев, преимущественно, хвое и листьях, а затем — в лесной подстилке. Установлено, что информацию о современном уровне радиоактивного загрязнения компонентов лесных экосистем можно получить на основании двух подходов: 1) анализа результатов экстенсивного радиоэкологического мониторинга соответствующих видов продукции лесного хозяйства, с отбором и анализом большого количества образцов; 2) биоиндикационного — анализа радиоактивного загрязнения (удельной активности ^{137}Cs) в тест-объектах с использованием отдельных видов сосудистых растений. Отмечено, что тест-объектами, которые используются для биоиндикации радиоактивного загрязнения лесных экосистем, как правило, являются высшие растения (мохообразные и сосудистые растения), лишайники и грибы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: лесные экосистемы, высшие сосудистые растения, радиоактивное загрязнение, радиоэкологический мониторинг, тест-объекты, удельная активность ^{137}Cs , коэффициенты перехода.

Мостовьяк И.И.¹, Демянюк Е.С.², Бородай В.В.³ Особенности формирования фитопатогенного фона микромицетов — возбудителей болезней в агроценозах зерновых злаковых культур Правобережной Лесостепи Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 28–38.

¹ *Уманский национальный университет садоводства*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

³ *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

e-mail: mostovjak@gmail.com

Проанализированы особенности формирования фитопатогенного фона микромицетов – возбудителей болезней зерновых злаковых культур Правобережной Лесостепи Украины на протяжении 2004–2019 гг. Ведущее место в фитопатогенном комплексе занимают микромицеты, среди которых доминируют возбудители разновидностей корневой гнили и мучнистой росы. Площадь посевов, пораженных этими болезнями, составляет 32,5–75,0%, а в отдельные годы достигает 100%, распространение болезней – 4,2–19,8, их развитие – 1,6–14,0%. В агроценозах пшеницы озимой преобладают септориоз листьев и пиренофороз; пшеницы яровой – темно-бурая пятнистость; ячменя ярового – разновидности пятнистости и ринхоспориоз. Среди болезней колоса доминируют оливковая плесень и фузариоз. За исследуемый период зафиксировано значительное развитие пиренофороза пшеницы озимой – 5,1–16,8% (max 35%), распространение бурой листовой ржавчины на пшенице яровой – 4,6–24,4 (max 45) и разновидностей пятнистости ячменя ярового – до 50% (max 100%). Превышение порога вредоносности корневых гнилей в 2,8–4,0 раза, мучнистой росы пшеницы – в 6,3–8,2 и разновидностей пятнистости ячменя – в 2,5 раза приводит к чрезмерному применению фунгицидов и к усилению экологических рисков в агроценозах, химическому и биологическому загрязнению агроэкосистем, что существенно влияет на качество и безопасность продукции.

К л ю ч е в ы е с л о в а: зерновые культуры, агроценоз, распространение болезней, развитие болезней, фитопатогенные микроорганизмы, биологическое загрязнение агроэкосистем.

Симочко Л.Ю.^{1,2} Сукцессионная концепция микробиома почвы // Агроекологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 39–46.

¹ *Ужгородский национальный университет*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: lyudmilassem@gmail.com

Проанализированы существующие подходы изучения микробных сукцессий в почве. Рассмотрены концептуальные модели динамики экзогенных и эндогенных сукцессий в сообществах почвенных микроорганизмов природных и трансформированных экосистем. Установлены общие закономерности изменений в функциональной и таксономической структуре сообществ почвенных микроорганизмов на различных стадиях сукцессионного процесса. Отмечено, что биомасса почвенных микроорганизмов и филогенетическое разнообразие являются маркерами сукцессионных процессов в микробиоме почвы. На основе длительных мониторинговых исследований микро-

биома почвы природных и трансформированных экосистем предложены детализированные концептуальные модели сукцессионной динамики. Согласно предложенной концепции выделены пять основных категорий сукцессий с указанными маркерами и драйверами сукцессионных процессов в различных типах экосистем.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сукцессия, концепция, микроорганизмы, динамика, почва, экосистема.

Любинская Л.Г.¹, **Сосула А.А.**¹, **Соломаха В.А.**² Особенности распространения регионально редкого вида кипрей розмаринолистный (*Chamaerion Dodonaei* (Vill.) Holub.) в условиях Каменецкого Приднестровья // Агроекологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 46–51.

¹ *Каменец-Подольский национальный университет имени Ивана Огиенко*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: v.sol@ukr.net

Проанализирован процесс включения регионально редких видов в официальные списки редких видов Хмельницкой обл. Выявлено 168 видов, нуждающихся в охране на региональном уровне. Проведен анализ флоры отвалов известнякового карьера возле с. Сахкамень (Каменецкое Приднестровье) и выявлено 61 вид сосудистых растений, приведены семейный спектр, биоморфологическая, экологическая характеристики. Охарактеризованы экологическая и фитоценотическая структуры флоры. Одним из редких видов Хмельницкой обл. является *Chamaerion dodonaei* (Vill.) Holub. Изучены его биологические особенности и описано онтоморфогенетическое состояние. Установлено, что проростки появляются после обсеменения, а к концу вегетационного периода переходят в ювенильное и иматурное состояния. В следующий вегетационный год растения находятся в иматурном состоянии. На третий год развития, в виргинильном состоянии, формируется жизненная форма – полукустарник. Проведен анализ состояния популяции вида в пределах Нигинского карьера. Выявлен левосторонний онтогенетический спектр популяции. Предложены мероприятия по сохранению вида и созданию заказника.

К л ю ч е в ы е с л о в а: регионально редкий вид, *Chamaerion dodonaei*, популяция, Каменецкое Приднестровье.

Лишук А.Н., Драга М.В., Городиская И.Н. Оценка состояния почв зоны Степи Украины по экологическим критериям для ведения органического производства // Агроекологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 51–57.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com

Согласно результатам проведенного сопоставительного анализа областей Степи Украины по площади сельскохозяйственных земель, сертифицированных как органические, установлено, что наибольшая доля земельных угодий, отведенных под органическое земледелие, составляет 102,2 тыс. га в Одесской и 75,9 тыс. га в Херсонской областях, или 3,93 и 2,95% от площади сельскохозяйственных земель соответственно. Проанализированы сертифицированные органические хозяйства зоны Степи Украины, определены основные направления их деятельности и перечень органической продукции. Обнаружено, что органические хозяйства зоны Степи Украины выращивают: зерновые, бобовые, масличные и технические культуры, овощные и бахчевые культуры и т.п. По проведенной агроэкологической оценке состояния почв зоны Степи Украины (на примере Херсонской обл.) установлено разбалансированность соотношения в почвах исследуемого региона гумуса и питательных веществ (азота, фосфора и калия). Доказано, что балансы гумуса и питательных веществ в зоне Степи могут служить критерием оценки экологической угрозы — потери плодородия почвы, поскольку свидетельствуют о недостаточном уровне обеспеченности почвы органическим веществом и основными элементами питания. Приведены рекомендации для обеспечения положительных балансов гумуса и питательных веществ сельскохозяйственных угодий исследуемого региона для ведения органического производства.

К л ю ч е в ы е с л о в а: органическое производство, почва, агроэкологическая оценка, Степь, экологическая угроза.

Бердников А.Н.¹, Волкогон В.В.¹, Мирошниченко М.М.², Гриник А.И.³, Потапенко Л.В.¹ Значение лизиметрических исследований в эколого-агрохимической оценке аграрных технологий // Агроэкологический журнал. — 2020. — № 1. — С. 58–70.

¹ *Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН*

² *ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского» НААН*

³ *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: volkogon@ukr.net

Установлено, что потери почвой лабильных соединений азота, кальция и магния в виде их окислов зависят от типа растительности и могут изменяться в несколько раз. Так, при выращивании пшеницы озимой потери азота в среднем составляют 25 кг/га, кукурузы — 77,5 кг/га; по органической системе удобрения потери кальция при выращивании пшеницы озимой варьирует в пределах 44 кг/га, кукурузы — 101 кг/га. Уменьшить потери питательных веществ из почвы возможно при вы-

ращивании в севообороте промежуточных сидеральных культур, которые, развиваясь, используют минеральные соединения для конструктивного метаболизма. После весенне-летней минерализации сидеральной биомассы питательные вещества поступают для усвоения следующей в севообороте сельскохозяйственной культурой. Освещено, что потери соединений биогенных элементов резко возрастают при внесении кальцийсодержащих материалов в дозе, рассчитанной по полной гидrolитической кислотности. Доказано, что максимально эффективным и ресурсосберегающим как при разовом (один раз в 5 лет), так и при периодическом использовании мелиорантов (через год) является применение дозы кальция из расчета 1/4 г.к. При этом уменьшается вымывание соединений кальция, азота и других элементов, растет эффективность предпосевной бактерицизации. Результаты лизиметрических исследований целесообразно рассматривать как инструмент, позволяющий проследить миграцию влаги, гумусовых веществ и соединений биогенных элементов за пределы корнеобитаемого слоя почвы в зависимости от количества осадков и систем удобрения, а также определять пути регулирования этих процессов, что важно для оценки технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

К л ю ч е в ы е с л о в а: лизиметры, промывные воды, системы удобрения, химическая мелиорация, аграрные технологии, дерново-подзолистая почва, сидераты, микробные препараты.

Федорчук С.В.¹, Клименко Т.В.¹, Радько В.Г.¹, Трембицкая О.И.¹, Лесовой Н.М.² Баковые смеси препаратов для защиты растений картофеля против возбудителей болезней *Phytophthora infestans* и *Alternaria solani* // Агроэкологический журнал. — 2020. — № 1. — С. 70–74.

¹ *Полесский национальный университет*

² *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

e-mail: lisova106@ukr.net

На сегодня одной из важных проблем в получении высоких стабильных урожаев картофеля является своевременное принятие соответствующих мер против болезней и вредителей. Незначительный размер земельных участков и некачественный посадочный материал, несоблюдение севооборотов приводит к накоплению и распространению возбудителей болезней, в частности *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary и *Alternaria Solani*, которые без применения средств защиты могут снизить урожайность культуры до 60% и более. Доказано, что самое сильное воздействие против поражения листьев картофеля фитофторозом проявила смесь химического препарата Антракол и регулятора роста растений (PPP) Гумисол. Установлено, что наиболее эффективным было сочетание химического препарата Антракол с PPP Гумисол, где на

разных по устойчивости сортах картофеля пораженность растений в фазу цветения (максимальное развитие патогенов) возбудителями составляла: *Phytophthora infestans* – 1,4–24,6%, *Alternaria solani* – 6,8–22,2%.

К л ю ч е в ы е с л о в а: картофель, сорт, возбудители болезней, регулятор роста растений, химический и биологический препараты.

Шкаровская Л.И., Давидюк А.В., Клименко И.И., Довбаш Н.И. Использование отходов биогазовых установок для удобрения сельскохозяйственных культур // Агроекологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 75–82.

ННЦ «Институт земледелия НААН»

e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua

Проведена комплексная оценка перспектив применения отходов биогазовых установок для удобрения сельскохозяйственных культур. Исследованы агрохимические особенности дигестатов в качестве удобрительных субстратов. Определено, что характерной особенностью дигестатов является щелочная реакция среды и значительное содержание основных питательных веществ с преобладанием азота над другими элементами (N:P:K – 1:0,2–0,47:0,16–0,27). Исследование химического состава дигестатов показало возможность применения их в качестве органических удобрений при условии контроля содержания тяжелых металлов и микроэлементов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: дигестат, органическое удобрение, эколого-агрохимическая экспертиза, отходы, нутриенты, поллютанты.

Полевой В.М.¹, Ткач Е.Д.², Лукашук Л.Я.¹, Ровная Г.Ф.¹, Гук Б.В.¹, Курач О.В.¹ Производительность ячменя ярового в зависимости от удобрения и известкования в условиях Западного Полесья // Агроекологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 83–90.

¹ *Институт сельского хозяйства Западного Полесья НААН*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: bio_eco@ukr.net

На основе экспериментальных данных полевых и аналитических исследований установлены оптимальные для Западного Полесья дозы и формы известняковых мелиорантов, удобрения, обеспечивающие сохранение плодородия дерново-подзолистой связно-песчаной почвы и получение стабильного урожая ячменя ярового. Выяснено влияние удобрения N₉₀P₉₀K₉₀, серных удобрений, внекорневой подкормки микроудобрения, различных доз и видов известняковых мелиорантов на формирование морфологической структуры растений и производительность ячменя ярового. Наивысшую урожайность 4,08 т/га

обеспечило внесение 1,5 дозы (Нг) доломитовой муки на фоне рекомендованной дозы минеральных удобрений (N₉₀P₉₀K₉₀). Прирост урожая к контролю (без удобрений) составил 2,69 т/га, к фону (N₉₀P₉₀K₉₀) – 1,65 т/га. Применение серных удобрений (S₄₀) и двухразовой внекорневой подкормки микроудобрением Нутривант Плюс зерновой (2 кг/га) обеспечило прирост урожайности на 7,3%.

К л ю ч е в ы е с л о в а: химические мелиоранты, дозы, удобрения, урожайность, ячмень яровой.

Приведенюк Н.В., Глуценко Л.А., Трубка В.А. Влияние способов выращивания на рост и развитие Melissa лекарственной (*Melissa officinalis* L.) в условиях капельного орошения // Агроекологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 91–97.

Опытная станция лекарственных растений Института агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: privedenyuk1983@gmail.com

Проведено исследование по установлению влияния площади питания и способов выращивания рассады на рост и развитие Melissa лекарственной в условиях капельного орошения. Выявлена прямая зависимость формирования растениями Melissa лекарственной массы наземной части и площади листового аппарата от площади питания растений – увеличение площади питания способствует увеличению массы наземной части и площади листьев. Установлено, что наиболее благоприятные условия для роста и развития Melissa лекарственной сложились при следующей схеме выращивания: 60×40 см и густоте посадки 41,7 тыс. растений/га – масса наземной части одного растения второго года вегетации варьировала в пределах 332,5–582,4 г, а площадь листьев – 0,825–1,446 м². Освещено, что способ выращивания рассады Melissa лекарственной в кассетах при озимом севе является оптимальным для развития растений, о чем свидетельствуют показатели массы их наземной части и площади листьев.

К л ю ч е в ы е с л о в а: Melissa лекарственная, рассада, рост и развитие, площадь питания, схема выращивания.

Ткачук А.П., Рязанова А.М. Сравнительная оценка накопления Zn расторопшей пятнистой (*Silybum marianum*) в зависимости от вида минеральных удобрений // Агроекологический журнал. – 2020. – № 1. – С. 98–103.

Винницкий национальный аграрный университет

e-mail: tkachukop@ukr.net

Исследована интенсивность накопления цинка листовой массой и семенами расторопши пятнистой при подпитке минеральными удобрениями.

Установлен коэффициент накопления и коэффициент опасности цинка в листовой массе и семенах расторопши пятнистой при подпитке ее аммиачной селитрой, калием хлористым и суперфосфатом простым. Доказано, что меньшее количество цинка накапливается семенами расторопши пятнистой при применении смеси аммиачной селитры, суперфосфата простого и калия хлористого, а листовой массой — калия хлористого. Самый высокий уровень накопления цинка листовой массой и семенами расторопши пятнистой наблюдался при уборке посевов аммиачной селитрой.

К л ю ч е в ы е с л о в а: цинк, накопление, расторопша пятнистая, листья, семена, оценка.

Кратюк А.Л., Кравчук Н.Н., Довбыш Л.Л. Содержание гидролизного азота в почвах влажных сугрудов в условиях вольерного содержания охотничьих животных на территории Западного и Центрального Полесья // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 103–110.

Полесский национальный университет

e-mail: deneshi_ks@ukr.net

Полувольное содержание животных оказывает значительное влияние на агроэкологическое состояние почвы. Проанализировано содержание гидролизимого азота методом Корнфилда (ДСТУ 7863:2015) в почвах влажных сугрудов на территории вольеров Западного и Центрального Полесья. Зафиксировано повышение показателя на 14,3–35,9% в почвах подкормных площадок по сравнению с контрольными участками. В общем, у обследованных вольерах охотничьих хозяйств содержимое гидролизимого азота было низким ($106,74 \pm 18,78$ мг/кг, $n = 16$) и характеризовалось значительным уровнем варьирования признака — коэффициент вариации составил 35,9%. Различные уровни накопления гидролизимого азота, по нашему мнению, обусловлено, прежде всего, интенсивностью и продолжительностью эксплуатации вольеров. Следовательно, в течение периода наблюдений прослеживается четкая линейная зависимость ($r = 0,84$; $R^2 = 0,70$) между продолжительностью функционирования вольера и содержанием гидролизимого азота в слое 0–20 см. Проведенные исследования могут послужить основой для прогнозирования на перспективу запасов данного ключевого для лесных ценозов элемента питания на территории вольеров в разных лесорастительных условиях Западного и Центрального Полесья.

К л ю ч е в ы е с л о в а: подвижные формы азота, тип лесорастительных условий, тип леса, полувольное содержания.

Деревянко С.В., Васильченко А.В., Цехмистер А.В. Биологическая активность композиций наночастиц неметаллов // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 111–115.

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН
e-mail: biopreparat@i.ua

Исследована биологическая активность композиций наночастиц неметаллов S и I, Se и I. Установлено, что композиция НЧ S и I проявляет высокую вирулицидную активность по отношению к штамму РТВ-1 Днепропетровский-34, снижая титр вируса на $5,0 \lg$ ТЦД50/см³, и имеет химиотерапевтический индекс 8. Композиция НЧ Se и I владеет высокой фунгистатической активностью относительно штамма *A. cucurbitacearum* 502 на протяжении всего термина культивирования. Уменьшение диаметров колоний под действием композиций НЧ Se и I достигает 94,13%. Согласно результатам исследования, композицию НЧ S и I можно рекомендовать для создания на ее основе антивирусных препаратов, вирулицидных и дезинфицирующих средств, а композицию НЧ Se и I — для разработки средств защиты сельскохозяйственных растений от грибных болезней.

К л ю ч е в ы е с л о в а: композиции наночастиц S и I, Se и I, *Teschovirus A*, *Acremonium cucurbitacearum*, вирулицидная активность, фунгистатическая активность.

Мороз В.В.¹, Шумигай И.В.² Уменьшение углеродопоглощающей способности деревьев Киевского Полесья в результате гибели сосновых лесов // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 116–121.

¹ *Полесский национальный университет*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: vera_moroz@ukr.net

Определено, что для сохранения и увеличения количества природных поглотителей углерода особое внимание следует сосредоточить на системе улучшения управления лесными, почвенными и другими природными ресурсами. Среди 30-ти главных лесообразующих пород в Украине сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) является преобладающей древесной породой, в частности в Киевском Полесье. Проведенный анализ углеродопоглощающей способности сосновых насаждений показал, что последние аккумулируют в своей фитомассе 116,4 млн т углерода на 1 м² участков, покрытых лесной растительностью, плотность элемента достигает 116,3 кг. Установлено, что вследствие потери лесных насаждений за последние годы углеродопоглощающая способность лесов снизилась.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сосновые насаждения, фитомасса, группы возраста, конверсионные коэффициенты, поглощение углерода.

Фурдычко О.И., Бондарь В.Н. Лесохозяйственное производство в Украине, его становление и реформирование на пути к рыночной эконо-

мике // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 122–132.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecologyaan@gmail.com

Исследованы информативные источники по лесохозяйственному производству в Украине в аспекте перехода экономики на рыночные основы. Предметом исследования является использование земельных ресурсов для выращивания леса, сопутствующих лесоводству продуктов, услуг. Доказано, что в процессе хозяйствования по принципу «государственное управление лесами» учетная и статистическая отчетность формировались преимущественно по «государственному лесному фонду», то есть продукции лесоводства, вместо земли. Поэтому и название ЦОИВ — Государственное агентство лесных ресурсов Украины; и определение термина «лесохозяйственное производство». Наибольшие изменения в лесохозяйственном производстве XX века экономика предприятий и регионов претерпела после принятия Основ лесного законодательства Союза ССР и союзных республик. То есть после определения и внесения термина «единицей государственной лесной фонд» и термина «земли государственного лесного фонда» были утрачены механизмы учета и отчетности эффективности использования земельных ресурсов по финансовым показателям, в результате — государственной по ним отчетности и контроля. Освещены проблемы оценки состояния земель по таксационным категориям их учета по сравнению со структурой Стандартной статистической классификации ЕЭК/ФАО. Предложено перейти на разделение земель лесных по экологическим компонентам лесных экосистем. В общем, доказана ошибочность приказа Госкомзема Украины от 23 июля 2010 г. № 548 «Об утверждении Классификации видов целевого назначения земель», зарегистрированного Минюстом Украины, в частности в категории «земли лесные и другие лесистые», с отнесением ее в секцию «Н», раздела 9, что противоречит Лесному кодексу Украины и ССКЗ ЕЭК/ФАО. Сфера применения результатов исследования: органы управления Госзем агентства, Гослесагентства, Министерство юстиции Украины, научные учреждения агросферы, охраны природы и экологической безопасности и др.

К л ю ч е в ы е с л о в а: расходы, производство, земля, категория, классификация, кодекс, компонент, лес, лесной, лесохозяйственный, поступление, учет, стандарт, ресурс.

Зибцева О.В., Юхновский В.Ю. Динамика стоимости экосистемных услуг малых городов Киевской области // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 133–140.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

e-mail: yukhnov@mubip.edu.ua

Осуществлен сравнительный анализ экологического потенциала двух равноудаленных от Киева малых городов — Фастов и Кагарлык — по общей стоимости экосистемных услуг, получаемых на их территориях. Исследуемые города располагаются в Киевской возвышенной области лесостепной зоны, имеют подобную историю развития, но различаются по площади, количеству жителей и плотности поселения, а также промышленным развитием и структурой землепользования. Несмотря на преимущества концепции экосистемных услуг, ее применение в городском планировании сдерживается ограниченностью или отсутствием данных для оценки. Исследование выполнено по материалам генеральных планов городов с использованием трансферного метода. Стоимость экосистемных услуг на территории исследуемых малых городов рассчитана по категориям земельного фонда — сельскохозяйственным угодьям, лесным экосистемам и водным поверхностям. Экосистемные услуги с 1 га каждой категории землепользования скорректированы переводом в доллары США с учетом коэффициента переноса стоимости по паритету покупательной способности денег для Украины. Установлено, что общее количество получаемых экосистемных услуг практически одинаково по обоим городам. В то же время города существенно отличаются относительным количеством экостабилизирующих территорий, что сказывается на удельных показателях стоимости экосистемных услуг. На одного жителя Фастова приходится втрое меньший объем экосистемных услуг, а на единицу площади — вдвое, и такая тенденция будет сохранена в перспективе. Динамика общей стоимости экосистемных услуг на территории Кагарлыка свидетельствует о несоблюдении принципа экосбалансированности территории в перспективном планировании, что противоречит концепции устойчивого развития.

К л ю ч е в ы е с л о в а: землепользование, зеленые насаждения, экосбалансированное развитие.

Дребот О.И., Бабинова К.А. Эколого-экономическая оценка рекреационно-туристического природопользования // *Агроэкологический журнал*. — 2020. — № 1. — С. 140–148.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: drebot_oksana@ukr.net

Проанализирована эколого-экономическая оценка развития экологического туризма на рекреационных территориях, а также рейтинг регионов ресурсно-рекреационных компонентов Украины. Определена интегральная оценка природных рекреационно-туристических ресурсов Украины по следующим природным блокам: климатические, растительные, животного мира. Предложены этапы принятия организационно-управленческих

решений для обеспечения сбалансированного рекреационно-туристического природопользования, которые будут способствовать устойчивому природопользованию и расширенному воспроизводству ресурсов. В рекреационно-туристическом хозяйстве одной из важнейших задач является определение и неуклонное соблюдение принципа эколого-экономической эффективности, что по-

зволяет удерживать рекреационные зоны в надлежащем состоянии и обеспечить рентабельность рекреационно-туристического хозяйства.

К л ю ч е в ы е с л о в а: рекреационные ресурсы, рекреационно-туристический потенциал, природопользование, интегральные природные ресурсы, территориальная структура, туристическая индустрия.

ABSTRACT

Konishchuk V., Koval S., Melnik N. Nature conservation and resource characteristic of peat reserves in Ukraine // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 6–11.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net

Peat reserves in the world are estimated. The results of the peat resource base estimation are given; the uneven distribution of peat resources in the regions of Ukraine is justified. Classification of peat deposits is carried out. Peat resources are calculated by industrial significance, the degree of exploration, development groups. All categories of peat reserves are classified as balance sheet, approved in accordance with the established procedure as off-balance sheet, but at present the use of which is not economically feasible due to small quantity, low power, poor quality, special complexity of operating conditions, or within the limits of polder systems or plots drained from application of drainage, located on the territory of nature reserves or sanctuaries. Today the total area of drained deposits and plots in Ukraine is within the zero depth of 162.0 thousand hectares, within the industrial depth — 1058 Mm², geological reserves — 419.6 Mt, the amount of deposits is 395. The degree of land peat formation. The areas of drained peatlands in oblasts are surveyed and analyzed. The country's peat resources are used very intensively and in connection with the privatization of land, it is necessary to predict the further intensification of the usage of peat deposits for the development of collective farming, the priority ransom for individuals and farms, the peat production increase for fertilizers, for the production of insulating plates, litters, etc.

К е у в о р д с: peat; reserves of peat; peat formation; deposits; peat extraction; resources.

Chobotko G., Raichuk L., Shvidenko I., Kuchma M. Mathematical model of ¹³⁷Cs migration in agricultural landscapes of Ukrainian Polissia in the remote period after the Chernobyl accident // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 12–18.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: chobotko@ukr.net

The aim of the work was to develop a mathematical model for the radionuclide carryover from Polissia agrolandscapes. The mathematical model was developed to reflect the radioecological situation in a limited area, the center of which is a relatively small settlement (urbanised area, village or hamlet). The conceptual scheme of the mathematical model was presented by four blocks (ecosystems or sub-landscapes), namely the block «Forest ecosystem», «Field ecosystem», «Meadow ecosystem» and «Orchard ecosystem». The model takes into account the following basic processes that affect the redistribution of ¹³⁷Cs by ecosystems, depending on the ecosystem type: interception, weathering, absorption, tillage, fertilization, irrigation, organic residues decomposition, radionuclide washing out towards lower soil layers, diffusion, radionuclide fixation by soil minerals. The main differences of the created model in comparison with the existing ones are: the use of current indicators of the ¹³⁷Cs soil-to-plant transition, taking into account anthropogenic effects on agroecosystems, in particular radiation countermeasures, taking into account orchard ecosystems. The mathematical model is formalized as a system of first-order linear differential equation system with fixed factors. The computer implementation of the model was performed in the mathematical package MAPLE (version 10).

It was found that the ¹³⁷Cs content is reducing in all ecosystems. The radionuclide removal depends on the ecosystem type, its exploitation degree, soil conditions and the complex of implemented radiation countermeasures. It was found that providing the implementation of the optimal system of radiation countermeasures and under condition of active ecosystems exploitation, all the modeled ecosystems form the following descending series of radionuclide removal: forest ecosystems — hayfields and pastures (in some cases vegetable areas) — field ecosystems (mainly cereals and legumes) — orchard ecosystems.

Key words: ^{137}Cs , mathematical model, agro-landscape, radionuclide migration.

Pavlenko A.¹, Orlov O.¹, Landin V.², Chobotko G.⁴, Tyshchenko O.², Musych O.³, Solomko V.⁴, Feshchenko V.⁴ Bioindication of ^{137}Cs forest ecosystem pollution by using test objects // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 19–27.

¹ *Polyskiy Branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Agro-Forest Melioration named after G.M. Vysotskiy*

² *National academy of sciences of Ukraine Institute for safety problems of nuclear power plants*

³ *NASU Institute of Environment Geochemistry*

⁴ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: vlad_land@ukr.net

The results of the analysis of native and foreign publications containing data on the accumulation of radioactive substances by different plant species in forest ecosystems in different climatic zones are presented.

It is noted that the problems of radioecological monitoring of forest ecosystems and bioindication of radiation pollution are analyzed by radioecologists during the global fallout of radionuclides from the late 1950s — early 1970s. It was found that high concentrations of anthropogenic radionuclides, which were the source of aerial entry into forest ecosystems after nuclear weapons testing, were observed in tree crowns. In the first period after the fall out of the air that high concentrations was observed mainly in the needles and leaves and later in the forest floor.

Wood and non-timber components (secondary products) of forest ecosystems are used as a variety of resources. Among the latter, wild berries, medicinal plants and edible mushrooms have considerable diversity. Information on the current levels of radioactive contamination of forest ecosystem components can be obtained on the basis of two approaches: 1) analysis of the results of extensive radioecological monitoring of relevant forest products, with the selection and analysis of a significant number of samples; 2) bio indication method which is related to the analysis of radioactive contamination (^{137}Cs specific activity) in the test objects of radio-ecological monitoring in forest ecosystems and conversion of relevant values for economically valuable products.

It is justified that the use of certain types of vascular plants as test objects for radiation monitoring is acceptable. In general, sound selection of radioecological monitoring test objects and study of their characteristics regarding radioactive contamination of forest ecosystems allows predicting radioactive contamination of specific types of forestry products under conditions of radioactive contamination on a forest-typological basis. This method allows detecting quickly and in a timely manner the cases of

increase of levels of radioactive contamination in forest ecosystems in comparison with the measurements made earlier (to record falls out on the ground of radionuclides).

Such studies are also relevant in the areas of radioecological monitoring in the controlled areas of existing nuclear power plants, for example, Khmelnytsky NPP and Rivne NPP.

The test objects used to bio-indicate radioactive contamination in forest ecosystems usually are higher plants (bryophytes and vascular plants), lichens and fungi.

However, no specific research has been conducted on this issue in Ukraine, and currently distributed in the scientific literature the numerous data on ^{137}Cs accumulation in the above-mentioned tests objects was obtained in different years, in different regions and forest conditions, in different species, which does not allow them to be used for up-to-date radioecological monitoring.

Key words: forest ecosystems, higher vascular plants, radioactive contamination, radio-ecological monitoring, test facilities, ^{137}Cs specific activity, conversion factors.

Mostoviak I.¹, Demyanyuk O.², Boroday V.³ Formation of phytopathogenic fond in agrocenoses of cereals of the right-bank Forest-steppe of Ukraine // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 28–38.

¹ *Uman National University of Horticulture*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

³ *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

e-mail: mostovjak@gmail.com

The features of the formation of phytopathogenic fond of micromycetes, pathogens of cereal diseases of the right-bank Forest-steppe of Ukraine for 2004–2019 are analyzed. The leading place in the phytopathogenic complex is occupied by micromycetes, among which the pathogens of root rot and powdery mildew dominate. The area of crops affected by these diseases is 32.5–75.0%, and in some years reaches to 100%, the spread of diseases — 4.2–19.8%, the development of diseases — 1.6–14.0%. In addition, leaf septoria and pyrenophorus predominate in agrocenoses of winter wheat, at spring wheat — dark brown spotting; spring barley — spotting and rhynchosporium. Olive mold and fusariosis dominate among the diseases of the head. During the study period, a significant development of winter wheat pyrenophorus was noted — 5.1–16.8% (max 35%), brown leaf rust spread on spring wheat — 4.6–24.4% (max 45%) and spread of spotting of spring barley — up to 50% (max 100%). Exceeding the threshold of harmfulness of root rot (in 2.8–4.0 times), powdery mildew of wheat (in 6.3–8.2 times) and spotting of barley (in 2.5 times) leads to excessive use of fungicides and causes increased environmental risks in agrocenoses, chemical and

biological pollution of agroecosystems, which significantly affects the quality and safety of products.

K e y w o r d s: crops, agrocenosis, the spread of diseases, the development of diseases, phytopathogenic microorganisms, biological pollution of agroecosystems.

Symochko L.^{1,2} Successional conception of soil microbiome // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 39–46.

¹ *Uzhhorod National University.*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management*

e-mail: lyudmilassem@gmail.com

The paper presents analysis of the existing approaches to the study of microbial successions in soil. Conceptual models of the dynamics of exogenous and endogenous successions in community of soil microorganisms of natural and transformed ecosystems are considered. Heterotrophic successions were divided into exogenous and endogenous categories where exogenous succession is fueled by continuous external inputs of organic carbon, while the majority of organic carbon supplies in endogenous succession are derived from a single initial input contained within the substrate itself. These two categories are also differentiated by the degree to which the developing communities modify and influence the quantity and quality of available carbon supplies, an effect which is likely to be more pronounced during endogenous succession than during exogenous succession. During endogenous succession, microbial community structure and the nature of the organic carbon substrates available in the environment are inextricably linked and will change together as succession progresses. In contrast, the characteristics of the organic carbon substrate supply are relatively fixed over time during exogenous succession with changes in microbial community dynamics predominately driven by factors other than simply the types and quantities of organic carbon available to microbes. The general regularities of changes in the functional and taxonomic structure of soil microbial communities at different stages of the succession process have been established. It is noted that soil biomass and phylogenetic diversity are markers of succession processes in the soil microbiome. On the basis of long-term monitoring studies of soil microbiome of natural and transformed ecosystems, detailed conceptual models of succession dynamics have been proposed. According to the concept, five main categories of succession are purposed with the indicated succession markers and drivers in different types of ecosystems.

K e y w o r d s: succession, conception, microorganisms, dynamics, soil, ecosystem.

Liubinska L.¹, Sosula O.¹, Solomakha V.² Population characteristics of the regionally rare species

Chamaerion dodonaei (Vill.) Holub. in Kamyanets Transdnistria // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 46–51.

¹ *Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University*

² *Institute of Agroecology and Environmental management of NAAS*

e-mail: kvitkolub@gmail.com

The phytodiversity protection problem at the regional level is a very relevant and necessary direction of modern zoology. After an inventory of vascular plants flora, conducted by L.H. Lubinska and L.S. Yuglichek the list of regionally rare species includes 168 species. The aim of this study is to research the features of the regionally rare species *Chamaerion dodonaei* (Vill.) Holub. The researched territory is located near the village of Sakhkamin, Kamenets-Podilskyi district, Khmelnytskyi region and it is a ridge of calcite heaps which were formed as a result of calcite excavation. The age of the technogenic ecotopes under study is from one to 50 years, and the length is two km. Duration of the research is — 2012–2019. The study area includes significant species richness. 61 species of 24 families and divisions of *Pinophyta* and *Magnoliophyta* are growing here. The most numerous are the families *Asteraceae* and *Rosaceae*, and 12 families are represented by one species. According to dependence on calcium, we separated four environmental groups. *Chamaerion dodonaei* is hypercarbonatophilous, biomorphic by shrub with long, thick and fleshy underground shoots. The species is common in Kamianets-Podilskyi, Chemerovetskyi, Dunaievetskyi districts of the Khmelnytskyi region. The reasons for the change in numbers are the destruction of ecotopes.

We have investigated ontomorphogenic statuses for *Chamaerion dodonaei*. The seedlings appear after fertilization and into the juvenile and immature statuses by the end of the growing season. The following vegetative year, the plants are in a status of immaturity. During the third year of development, in a virgin status, a life form is formed — a hemisphere. The ontogenic statuses of the species population are analyzed and the predominance of immature individuals is revealed. The population characterizes the pioneer settlement. For *Chamaerion dodonaei* there is a possibility of an increase in territory and number of individuals in the population. But the ecotope is technogenic and, if necessary, can be devastated by industrial use. The population is at risk of death. Under natural conditions, this species is not found. Therefore, our proposal is to leave these heaps and create a reserve, despite the fact that it is a technogenic ecotope, and the regulation of the conditions for the growth of the species will ensure its existence.

K e y w o r d s: regionally rare species, *Chamaerion dodonaei* (Vill.) Holub., population, Kamyanets Transdnister.

Lishchuk A., Draga M., Horodyska I. Assessment of soils of steppe zone of Ukraine by environmental criteria for organic production // *Agroecological journal*. — 2020. — No. 1. — P. 51–57.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com

Organic production in Ukraine is becoming increasingly a priority area of agriculture and for its formation it is important to have a science-based approach to the transition from traditional to organic land use. Currently, agricultural land that is in transition to organic farming is classified as a risk zone, since its current use does not meet the requirements of organic land use. In addition, for most farms, for a long time, the requirements for the return to the full range of nutrients from the crop were not met. As a consequence, there has been a gradual decline in soil fertility and degradation, which has become particularly dangerous in recent years and is an environmental threat. Conducting an assessment of the agro-ecological status of the Steppe soils for organic production will enable sustainable development of organic production and ecological security of land use by preventing the environmental threat of soil fertility loss, degradation, dehumidification, reduction of soil biodiversity and biological activity, which is indirectly linked to the transition to organic farming in the face of changing agro-technologies and farming practices.

According to the results of the comparison regions of the steppe zone of Ukraine by the area of agricultural lands certified as organic, it is established that the largest share of land allocated for organic farming is 102.2 thousand hectares in Odesa region and 75.9 thousand hectares in Kherson region, which is 3.93 and 2.95% of the area of agricultural land, respectively. The certified organic farms of the steppe zone of Ukraine are analyzed, the main direction of their activity and the list of organic products that are produced are determined. It is revealed that organic farms of the steppe zone of Ukraine grow: cereals, legumes, oilseeds and industrial crops, vegetables and melons. According to the agro-environmental assessment of the soil status of the steppe zone of Ukraine (on the example of the Kherson region) the imbalance of humus and nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) in the soils of the studied region was established. It has been proved that humus and nutrient balances in the steppe zone can be a criterion for assessing the environmental threat — loss of soil fertility, as they indicate an insufficient level of soil organic matter and essential nutrients. Recommendations are given to ensure positive balances of humus and nutrients of agricultural land in the study area for organic production.

K e y w o r d s: organic production, soil, agro-environmental assessment, steppe zone of Ukraine, environmental threat.

Berdnikov O.¹, Volkohon V.¹, Miroshnychenko M.², Grynyk O.³, Potapenko L.¹ Importance of lysimetric research in the ecological-agrochemical evaluation of agricultural technologies // *Agroecological journal*. — 2020. — No. 1. — P. 58–70.

¹ *Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Manufacture NAAS*

² *NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovsky» NAAS*

³ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: volkogon@ukr.net

To identify regional technology models capable of reducing non-productive losses of biogenic elements and increasing the level of their utilization by cultivated plants. Agrochemical, lysimetric (stationary lysimetric unit with 48 concrete sections-lysimeters filled with sod-podzolic sandy loam soil including the parent rock and taking into account the thickness of each genetic horizon of the soil in its natural state; soil layer — 155 m, mass — 10.5 tons). Losses of labile nitrogen, calcium and magnesium compounds in the form of their oxides can vary several times depending on the type of crops. Thus, nitrogen losses in winter wheat averaged 25 kg/ha, while in corn the values were as much as 77.5 kg/ha. In organic fertilization system, calcium losses in winter wheat crops were in the range of 44 kg/ha, while in corn they account for 101 kg/ha. The introduction of cover crops into the crop rotation system reduces nutrient losses from the soil due to the utilization of mineral compounds by cover crops for constructive metabolism during their active growth and development. Following green manure mineralization during the spring-summer period nutrients become available for the following crop in rotation assuring minimal nutrient losses. Besides the reduction of nutrient losses, the use of green manure have ensured higher efficiency of pre-sowing seeds bacterization. The loss of biogenic elements increases with the application of calcium-containing materials in the norms, calculated for the full hydrolytic acidity. The most effective and resource-saving both for a single (once every 5 years) and for periodic use of soil amendments (every second year) is the use of 1/4 hydrolytic acidity dose of calcium. This reduces the leaching of calcium, nitrogen and other biogenic elements. It is recommended to use lysimetric studies as a tool to trace the migration of moisture, humic substances and compounds of biogenic elements beyond the root layer of soil, depending on the amount of rainfall and the fertilizer systems used and to determine the optimal ways to regulate these processes, which is important for the evaluation of different crop growing technologies.

K e y w o r d s: lysimeters, percolative waters, fertilizer systems, chemical reclamation, agricultural technologies, sod-podzolic soil, cover crops, microbial preparations.

Fedorchuk S.¹, Klymenko T.¹, Radko V.¹, Trembitska O.¹, Lisovsky M.² Use of tank mixtures for potato plants protection from *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani* disease agents // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 70–74.

¹ Polissya National University

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: lisova106@ukr.net

Comprehensive crop protection systems, including disease potatoes, were developed and applied during the 1960s and 1980s. The basic principle underlying them is the need to combine all known methods of protecting plants from different groups of phytopathogens (insects, pathogens, weeds) into a single system of measures. During this period, the chemical method of plant protection against pathogens was intensively developing and in complex systems, it was supposed to combine it with others, mainly agrotechnical and biological. Complex systems were built based on the zonal approach, that is, taking into account the species composition of pathogens and other pathogens affecting potatoes in a given agroclimatic zone.

One of the major problems of stable high potato yield is a timely implementation of preventive measures against diseases and pests. Insignificant size of land and low quality planting material, failure to observe rotation of crops leads to accumulation and spread of such disease agents as *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary and *Alternaria solani* that can significantly decrease yield by 60% and more unless protection means are applied. It was determined that tank mixture of chemical, biological preparations and growth regulators with chemical Antrakol and growth regulator Humisol was most effective against plants damaged by phytophthora. It was ascertained that combination of chemical Antrakol and growth regulator Humisol was most effective for treatment against *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani* when damage of different by resistance varieties of potato at blooming stage (maximum development of pathogenic agents) by *Phytophthora infestans* was 1.4–24.6% and by *Alternaria solani* 6.8–22.2%.

K e y w o r d s: potato, variety, disease agents, growth regulator, chemical and biological preparation.

Shkarivska L., Davidyuk G., Klymenko I., Dovbash N. Prospects for using waste of biogas plants for fertilizing of agricultural crops // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 75–82.

NSC «Institute of Agriculture of NAAS»

e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua

Today, due to an increase in the concentration of animal husbandry and an increase in the number of poultry, there is a big problem of waste disposal. Therefore, in many countries of the world biogas

plants use not so much as a source of alternative energy, but to neutralize animal waste and produce organic fertilizer based on it, it does not contain pathogenic organisms.

A comprehensive assessment was carried out of the prospects for the use of biogas wastes for fertilization of crops. The agrochemical features of digestates as fertilizer substrates were investigated. It is determined that the characteristic feature of digestates, based on beet pulp and cattle manure, as fertilizers, is the alkaline reaction of the medium and the significant content of basic nutrients with the predominance of nitrogen content over other elements (N:P:K — 1:0.2–0.47:0.16–0.27). Significant variability of digestates in the content of trace elements and heavy metals was also observed. The liquid fraction of the digestate (filtrate) enriched with nitrogen with a predominance of ammonium compounds (more than 60%) and potassium in the ratio N:P:K — 1-1.75:0.1-0.75:1.0–2.58. However, it contains a significant amount of nitrates and mobile chlorine. The content of mobile compounds of trace elements and heavy metals in terms of dry matter did not exceed the maximum permissible concentration. So, studies of the chemical composition of digestates indicate the possibility of using them as organic fertilizers, provided that the content of heavy metals and trace elements is controlled.

K e y w o r d s: digestate, organic fertilizer, ecological-agrochemical examination, waste, nutrients, pollutants.

Poliovyi V.¹, Tkach Ye.², Lukashchuk L.¹, Rovna H.¹, Huk B.¹, Kurach O.¹ Productivity of spring barley depending on fertilization and liming under the conditions of Western Polissya // Agroecological journal. — 2020. — No. 1. — P. 83–90.

¹ Institute of Agriculture of Western Polissya of NAAS

² Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: bio_eco@ukr.net

There are established doses and forms of limestone ameliorants, fertilizers that are optimal for West Polissya based on experimental data from field and analytical studies and provide the fertility of podzolized sandy soil and ensure obtaining a stable spring barley harvest. There was studied the influence of fertilization (N₉₀P₉₀K₉₀), sulfur fertilizers, foliar fertilizers in various doses and types of limestone ameliorants on the formation of the morphological structure of plants and productivity of spring barley.

The highest yield of 4.08 t/ha was provided by the application of 1.5 doses (NG) of dolomite flour on the background of the recommended dose of mineral fertilizers (N₉₀P₉₀K₉₀). The yield increase to control (without fertilizers) was 2.69 t/ha, and to the background (N₉₀P₉₀K₉₀) — 1.65 t/ha.

The application of sulfur fertilizers (S_{40}) and two fold foliar fertilization by Nutrivant Plus cereal microfertilizer (2 kg/ha) provided a yield increase by 7.3%.

Key words: chemical ameliorants, doses, fertilizers, yield, spring barley.

Privedenyuk N., Hlushchenko L., Trubka V. Influence of methods for growing seedling and food area on the formation of vegetative mass of medicinal melissa (*Melissa officinalis* L.) under the drop irrigation // Agroecological journal. – 2020. – No. 1. – P. 91–97.

Experimental station of medicinal plants of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: privedenyuk1983@gmail.com

Studies have been carried out to identify the influence of the nutritional area and methods of growing seedlings on the formation of the vegetative mass of the medicinal product under drip irrigation. A direct dependence of the weight of the formed phytomass of the aerial part and the area of the leaf apparatus from the plant nutrition area is revealed – an increase in the nutrition area contributes to an increase in the weight of the aerial part and the leaf area. For the sake of law, it is possible to stand up, like on the first one, so on the other side of the vegetative melissa.

It has been established that more favorable conditions for the growth and development of medicinal potassium are created with a growing scheme of 60×40 cm with a planting density of 41.7 thousand seedlings. plant./ha, where the weight of the aerial parts of plants of the second year of vegetation varied between 332.5–582.4 g/plant., and the leaf area – 0.825–1.446 m²/plant. respectively.

When determining the influence of the method of growing medicinal lemon balm seedlings on the processes of forming the height and vegetative mass, it was revealed that the indicators of the options laid by the seedlings grown in winter sowing cassettes were higher for the weight of the aerial part and the assimilating leaf area. The variants have planted a ridge from the ridge, the sprawls behind the biometric indicators of the boules are the most middle-level varieties.

Key words: *Melissa medicinalis*, residue, vegetative mass, nutrition area, growing pattern.

Tkachuk A., Razanova A. Comparative assessment of Zn accumulation by plants of *Silybum marianum* depending on fertilizer type // Agroecological journal. – 2020. – No. 1 – P. 98–103.

Vinnitsa National Agrarian University

e-mail: tkachukop@ukr.net

Recently, thorny (*Silybum marianum*) plants have gained considerable popularity in Ukraine. In addition to the proven medicinal properties of this plant

for the prevention of human diseases, the use of milk thistle in other areas is increasing. Milk thistle is used as a vegetable plant because its young leaves have nutritional value. It is also grown as a valuable summer honey plant capable of producing honey at 50–70 kg of honey per hectare.

Increasingly, there are reports of the introduction of thistle spotted into the modern crop rotation. However, often the technology of growing it has not yet been studied, so traditional technologies are used, which are adapted to regional conditions for the cultivation of spring early crops of a wide-row sowing method. The control of zinc content, like other toxicants, in vegetative mass and seeds of milk thistle, due to insufficient study of this culture, is very rare. This requires further study of the intensity of zinc accumulation in milk thistle plants with modern cultivation technologies that involve the use of a wide range of mineral fertilizers.

Field studies were conducted during 2017–2019 on gray medium loam soil in the farms of Vinnytsia region. Sow thistle spotted in spring time using five fertilizer options: applying nitrogen fertilizer ammonium nitrate, phosphorus fertilizer superphosphate is simple, potassium fertilizer potassium chloride, fertilizer mixtures: ammonium nitrate, superphosphate simple, potassium chloride. Based on the results of laboratory analysis of zinc content in leaf mass and seed thistle spotted, the accumulation coefficient was calculated as the ratio of zinc content in the plant to the content of mobile zinc forms in the soil and the hazard ratio as the ratio of zinc content in the plant to MPC.

The intensity of zinc accumulation by the leaf mass and seeds of the milk thistle for feeding it with mineral fertilizers was studied. The accumulation coefficient and the hazard coefficient of zinc in the leaf mass and seeds of the milk thistle for feeding it with ammonium nitrate, potassium chloride, and superphosphate were established. It is proved that with the use of fertilizers less zinc is accumulated by the seeds of milk thistle when using a mixture of ammonium nitrate, simple superphosphate and potassium chloride, and leaf mass – potassium chloride. The highest level of zinc accumulation by leaf mass and silybum seeds was observed when fertilizing crops with ammonium nitrate.

When using potassium chloride as a fertilizer, the zinc content in the leaf mass of silybum thistle increased by 14.5%, simple superphosphate – by 15.8%, a mixture of ammonium nitrate, simple superphosphate and potassium chloride – by 42.7%, ammonium nitrate – by 81.6%. The use of a mixture of ammonium nitrate, simple superphosphate and potassium chloride causes an increase in the zinc content in the dry matter of the seeds of milk thistle by 11.8% compared to the version without fertilizing. The introduction of simple superphosphate contributes to an increase in zinc content by 17.2%, potassium chloride – by 23.4%, ammonium nitrate – by 26.9%.

Key words: zinc, accumulation, spotted milk thistle, leaves, seeds, evaluation.

Kratiuk O., Kravchuk M., Dovbysh L. Content of hydrolysable nitrogen in the soils of wet mixed broadleaved forest conditions of aviary keeping of hunting animals on the territories of sanctuaries of Western and Central Polissya // *Agroecological journal*. — 2020. — No. 1. — P. 103–110.

Polissya National University

e-mail: deneshi_ks@ukr.net

Semi-free maintenance of animals has a considerable impact on an agroecological condition of the soil. The content of hydrolysable nitrogen by Kornfeld method (DSTU 7863:2015) in soils of wet mixed broadleaved forest conditions on the territories of sanctuaries of Western and Central Polissya is analyzed in the article. The increase of an indicator on feeding grounds in comparison with control ground was fixed. Thus, the content of hydrolysable nitrogen in soil samples which were taken in sanctuaries of Rys HFC LLC, UTMR LLC (Central Polissya) and Sarnenske HF LLC (Western Polissya) was significantly higher than samples which were selected on the control grounds — for 35.9, 29.5 and 22.3%, respectively. On the other hand on the territories of sanctuaries of Sokil HPF LLC, Bilotserkivske Forestry SOE, Horodnytskey Forestry SOE and Korostyshivsky Forestry SOE the difference between samples in the content of hydrolysable nitrogen was 14.3–17.4%. However, in the inspected sanctuaries the content of hydrolysable nitrogen was low (106.74 ± 18.78 mg/kg, $n=16$) and was characterized by the considerable level of feature variation — the coefficient of variation was 35.9%. Different levels of accumulation of hydrolysable nitrogen, according to us, are caused by intensity and duration of the use of sanctuaries. During the period of observations the accurate dependence is shown ($r=0.84$; $R^2=0.70$) between duration of functioning of sanctuaries and the content of hydrolysable nitrogen in a layer of 0–20 cm. The conducted researches can form a basis for prediction of these key nutrient stocks for forest censuses on the territories of sanctuaries in different forest site conditions of Western and Central Polissya.

Key words: mobile forms of nitrogen, type of forest site conditions, type of forest, semi-free maintenance.

Derevianko S., Vasylichenko A., Tsekhmister H. Biological activity of compositions of nonmetal nanoparticles // *Agroecological journal*. — 2020. — No. 1. — P. 111–115.

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Production of NAAS of Ukraine

e-mail: biopreparat@i.ua

Biological activity of compositions of nonmetal nanoparticles I+S and Se+I has been studied. Compo-

sition of nanoparticles I+S was shown to exhibit high antiviral activity against PTV-1 strain Dniprovskyi 34, decreasing its titer by $5.0 \lg TCD_{50}/cm^3$ and having therapeutic index 8. The antiviral activity is the most prominent according to the virucidal plot of study and is dose dependent. The result is significant according to Student's t-test. Composition of Se+I NPs exhibited high fungistatic activity against strain *A. cucurbitacearum* 502 during the whole term of cultivation. Reduction in colony diameters under the influence of composition of Se+I NPs was up to 94.13% and the difference revealed to have high level of significance according to statistical tests. According to the results of the study, composition of I+S NPs can be recommended for the development of antiviral drugs, virucidal agents and disinfectants, whereas composition of Se+I NPs can be recommended for the creation of substances to protect agricultural plants from fungal diseases.

Key words: compositions of nanoparticles of S and I, Se and I, *Teschovirus A*, *Acremonium cucurbitacearum*, virucidal activity, fungistatic activity.

Moroz V.¹, Shumygai I.² Reduction of carbon glaring ability of tree stands of Kyiv Polissya through the death of pine forests // *Agroecological journal*. — 2020. — No 1. — P. 116–121.

¹ *Polissya National University*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: vera_moroz@ukr.net

According to the signed climate Paris Agreement, Ukraine is faced with the task to prevent the global average air temperature from rising above 2°C in order to avoid an increase in droughts, plant and animal extinctions, the drying and spread of disease for certain plants, etc. To preserve and increase the number of natural carbon sinks, scientists pay attention in particular to the system of improving forest, soil, and other natural resource management.

Among thirty main forest-forming species in Ukraine, Scots pine (*Pinus silvestris* L.) is the predominant tree species, in Kyiv Polissya, in particular, its amount is 211,2 thousand hectares, which is 61% of all tree plantations. To establish the carbon absorption capacity of pine plantations of Kyiv Polissya we have laid temporary test squares (CCIs) in state-owned enterprises: Ivankov Forestry Poliske Forestry, Teteriske Forestry. According to the methods of P.I. Lakida, A.A. Storochinsky, O.I. Poluboyarynova, A.S. Atkin, A.I. Kobzar, we established a phytomass of pine plantations in a completely dry state and obtained conversion coefficients that made it possible to estimate the difference between CO₂ emissions and carbon sequestration.

The analysis found that pine plantations accumulate 116.4 million tonnes of carbon per 1 m² of forest area covered with forest vegetation in their phytomass, with a carbon density of 116.3 kg. It has been

found that the largest carbon-absorbing capacity has medium-age trees – 28.7 million tons.

It has been found that due to the loss of forest plantations in recent years, the carbon absorption capacity of forests has decreased on average by 1–7%.

Key words: pine plantations, phytomass, age groups, conversion coefficients, carbon absorption.

Furdychko O., Bondar V. Forestry production in Ukraine: formation and reformation on the way to a market economy // *Agroecological journal*. – 2020. – No. 1. – P. 122–132.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecologynaan@gmail.com

Informative sources of forestry production in Ukraine have been investigated in connection with the transfer of the economy to market bases. The subject of the research is the use of land resources for growing forest, related to forestry products, services. The purpose of the study is to develop current forestry regulations, accounting and reporting sources for land resources. It is proved that in the process of management under the principle of «State-outside forest management», accounting and statistical reports were formed mainly in relation to the «State Forest Fund», i.e. products of forestry, instead of land. Hence the name COVV – State Agency of Forest Resources of Ukraine. On the same basis, problems with the definition of the term «Forestry». The most noticeable changes in forestry production of the twentieth century were felt by the economy of enterprises and regions after the adoption of the Forest Law Legislation of the USSR and Union Republics. That is, after the introduction and definition of the term «Single State Forest Fund» and the term «Lands of the State Forest Fund». The mechanisms of accounting and reporting of land use efficiency by financial indicators were lost. At the same time, there is state reporting and control over them.

The problems of estimation of the state of lands by taxation categories of their accounting in comparison with the structure of the Standard Statistical Classification of EEC/FAO are covered. It is proposed to move to the division of forest land by ecological components of forest ecosystems. Errors of the Order of the State Land Committee of Ukraine of July 23, 2010 No. 548 «On Approval of the Classification of Specific Purpose of Lands» registered by the Ministry of Justice of Ukraine, in general, and in particular, the category «Forest lands and other forested areas», with its classification in section H, Section 9, which contradicts the Forest Code of Ukraine and the ECE/FAO JCC. Scope of the results of the study: management bodies of the State Land Agency, the State Forest Agency, the Ministry of Justice of Ukraine, scientific institutions of the agrosphere, nature protection and environmental safety, etc.

Key words: costs, production, land, category, classification, code, component, forest, forestry, forestry, receipts, accounting, standard, resource.

Zibtseva O., Yukhnovskiy V. Dynamics of costs of ecosystem services of small towns in Kyiv region // *Agroecological journal*. – 2020. – No. 1. – P. 133–140.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: yukhnov@nubip.edu.ua

The purpose of the study is to compare the environmental potential of the two small towns Fastiv and Kaharlyk which remote from Kyiv with the total cost of ecosystem services received in their territories. The experimental towns are located in the Kyiv highland province of the Forest-Steppe zone, which have a similar history of development, but differ in area, population and density of settlement, as well as industrial development and land use structure. Despite the benefits of the concept of ecosystem services, its application in urban planning is constrained by the limited or lack of data for evaluation. This research is based on materials of master plans of towns using the transfer method. The cost of ecosystem services in the territory of the researching small towns is calculated according to the categories of the land fund – agricultural land, forest ecosystems and water surfaces. Ecosystem services per unit of each category of land use adjusted by the transfer of US dollars, taking into account the transfer coefficient of cost per purchasing power parity of money for Ukraine.

It is found out that the total number of ecosystem services received is almost the same for both towns. At the same time, the towns are significantly different from the relative number of ecostable territories, which affects the specific indicators of the cost of ecosystem services. One resident of Fastiv accounted for three times less ecosystem services, and a unit area – in twice, and this trend will be preserved in the long run. The dynamics of the total cost of ecosystem services on the territory of Kaharlyk indicates that the principle of ecological balance of the territory in the perspective planning is not being complied with, which contradicts the concept of sustainable development.

Key words: land use, green plantations, ecologically balanced development.

Drebot O., Babikova K. Ecological and economic assessment of recreation-tourist natural use // *Agroecological journal*. – 2020. – No. 1. – P. 140–148.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: drebot_oksana@ukr.net

The ecological-economic assessment of the development of ecological tourism in the recreational territories, as well as the rating of the regions of the

resource-recreational components of Ukraine, is analyzed. The integral estimation of natural recreational and tourist resources of Ukraine according to such natural blocks as: climatic, vegetative, and animal is determined. The stages of making organizational and managerial decisions to ensure a balanced recreational and tourist nature use, which will ensure a sustainable use of nature and expanded reproduction of resources in the recreational and tourism economy, is one of the

most important tasks is to determine and steadily adhere to the principle of ecological and economic. This will keep the recreational areas in good condition and ensure the profitability of the recreational and tourism economy.

Key words: recreational resources, recreational and tourism potential, nature management, integrated natural resources, territorial structure, tourism industry.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Бабікова Катерина Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: babikova.kateryna@gmail.com

Бердніков Олександр Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів

Бондар Володимир Налькович, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: bondarvolodymyr@gmail.com

Бородай Віра Віталіївна, доктор сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: veraboro@gmail.com

Васильченко Анатолій Володимирович, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: top.leader.number.1@gmail.com

Волкогон Віталій Васильович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: volkogon@ukr.net

Глуценко Людмила Анатоліївна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: l256@ukr.net

Городиська Інна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: anni0479@gmail.com

Гриник Ольга Іванівна, кандидат економічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: grynyk_olga@ukr.net

Гук Богдан Васильович, Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, с. Шубків, Рівненський р-н, Рівненська обл., e-mail: rivne_arv@ukr.net

Давидюк Ганна Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., e-mail: annavydiuk@gmail.com

Дем'янюк Олена Сергіївна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: demolena@ukr.net

Дерев'яно Станіслав Васильович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут сільськогосподарської мікробіології та

агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: biopreparat@i.ua

Довбаш Надія Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., e-mail: Nadezda_D@ukr.net

Довбиш Лариса Леонідівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: lldov@ukr.net

Драга Мар'яна Василівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: m_draga@hotmail.com

Дребот Оксана Іванівна, доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: drebotoksana@gmail.com

Зібцева Ольга Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: stplut2017@gmail.com

Клименко Ірина Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., e-mail: Ira_Klimenko@i.ua

Клименко Тетяна Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: tatiana-radko@ukr.net

Коваль Світлана Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: koval.svetlana.2016.1@gmail.com

Коніщук Василь Васильович, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net

Кравчук Микола Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: knzt@i.ua

Кратюк Олександр Леонідович, кандидат біологічних наук, завідувач кафедри, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: deneshi_ks@ukr.net

Курач Оксана Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, с. Шубків, Рівненський р-н, Рівненська обл., e-mail: Kyrach@gmail.com

Кучма Микола Дмитрович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: kuchma_m_d@ukr.net

Ландін Володимир Петрович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, м. Київ, e-mail: vlad_land@ukr.net

Лісовий Микола Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: lisova106@ukr.net

Ліщук Алла Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com

Лукашук Людмила Яківна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, с. Шубків, Рівненський р-н, Рівненська обл., e-mail: rivne_apv@ukr.net

Любінська Людмила Григорівна, доктор біологічних наук, доцент, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., e-mail: kvitkolub@gmail.com

Мельник Наталія Михайлівна, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: melnik.nm@ukr.net

Мірошніченко Микола Миколайович, доктор біологічних наук, професор, ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського» НААН, м. Харків, e-mail: pochva@meta.ua

Мороз Віра Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: vega_moroz@ukr.net

Мостов'як Іван Іванович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Уманський національний університет садівництва, м. Умань, e-mail: mostovjak@gmail.com

Мусич Олена Григорівна, кандидат біологічних наук, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, e-mail: IGNS_Musych@nas.gov.ua

Орлов Олександр Олександрович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Поліська філія Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, с. Довжик, Житомирський р-н, Житомирська обл., e-mail: orlov.botany@gmail.com

Павленко Анатолій Петрович, Поліська філія Українського науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, с. Довжик, Житомирський р-н, Житомирська обл., e-mail: lugini_lg@ukr.net

Польовий Володимир Мефодійович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, с. Шубків, Рівненський р-н, Рівненська обл., e-mail: rivne_apv@ukr.net

Потапенко Людмила Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: potapienko74@ukr.net

Приведенюк Назар Валерійович, кандидат сільськогосподарських наук, Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: privedenyuk1983@gmail.com

Радько Віктор Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: tatiana-radko@ukr.net

Разанова Алла Михайлівна, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, e-mail: razanovaalla68@gmail.com

Райчук Людмила Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: edelvice@ukr.net

Ровна Галина Францівна, Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, с. Шубків, Рівненський р-н, Рівненська обл., e-mail: rivne_apv@ukr.net

Симочко Людмила Юріївна, кандидат біологічних наук, доцент, Ужгородський національний університет, м. Ужгород, e-mail: lyudmilassem@gmail.com

Соломаха Володимир Андрійович, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: vsol@ukr.net

Соломко Василь Леонідович, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: swes@ukr.net

Сосула Ольга Антонівна, Кам'янець-Подільський національний університет ім. Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., e-mail: sosula1980@gmail.com

Тищенко Ольга Григорівна, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, м. Київ, e-mail: 634444@ukr.net

Ткач Євгенія Дмитрівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: bio_eco@ukr.net

Ткачук Олександр Петрович, доктор сільськогосподарських наук, доцент, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, e-mail: tkachukop@ukr.net

Трембіцька Оксана Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: ksyusha.trembitskaya@gmail.com

Трубка Валентина Андріївна, Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: ukrvilar@ukr.net

Федорчук Світлана Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, Поліський національний університет, м. Житомир, e-mail: svetavanasveta@gmail.com

Фещенко Валерій Петрович, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: mg_vp@i.ua

Фурдичко Орест Іванович, доктор сільськогосподарських і економічних наук, професор, академік НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecologynaan@gmail.com

Цехмістер Ганна Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробни-

цтва НААН, м. Чернігів, e-mail: anna.tceh@gmail.com

Чоботко Григорій Михайлович, доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: chobotko@ukr.net

Швиденко Ірина Костянтинівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: favor09@ukr.net

Шкарівська Людмила Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua

Шумигай Інна Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: innashum27@gmail.com

Юхновський Василь Юрійович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: yukhnov@ukr.net