

ВІСНИК

Національного університету
водного господарства та
природокористування

ISSN 2306-5478

В И П У С К 3(103)

<https://doi.org/10.31713/vs320230>

Заснований
у 1999 р.

Збірник наукових праць
затверджений
Наказом Міністерства освіти і науки
України № 1188
від 04 вересня 2020 р. категорія «Б»
спеціальності – 101, 201

Збірник наукових праць

**Сільськогосподарські
науки**

Адреса редколегії:
33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11,
НУВГП

Телефон: (0362)63-57-31

У збірнику опубліковані наукові статті з екології, сільськогосподарських меліорацій (сільськогосподарські науки), агрогрунтознавства та агрофізики, раціонального використання природних ресурсів, водних біоресурсів. Призначений для наукових працівників, інженерів, аспірантів та студентів навчальних закладів.

Головний редактор: Мошинський В. С.,
д.с.-г.н., професор, ректор.

Заступник головного редактора: Савіна Н. Б.,
д.е.н., професор, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків.

Відповідальний секретар: Вознюк Н. М.,
к.с.-г.н., професор, професор кафедри екології,
технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства.

Редакційна колегія:

Клименко М. О., д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри екології, технології захисту
навколишнього середовища та лісового
господарства (НУВГП, Рівне)

Прищепя А. М., д.с.-г.н., професор,
директор навчально-наукового інституту
агроекології та землеустрою (НУВГП, Рівне)

Лико Д. В., д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри екології, географії та туризму
(Рівненський державний гуманітарний
університет, Рівне)

Польовий В. М., д.с.-г.н., професор,
академік НААН України, професор кафедри
агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
(НУВГП, Рівне)

Скрипчук П. М., д.е.н., професор, професор
кафедри менеджменту (НУВГП, Рівне)

Гриб Й. В., д.б.н., професор, професор кафедри
водних біоресурсів (НУВГП, Рівне)

Клименко О. М., д.с.-г.н., професор,
професор кафедри туризму та готельно-
ресторанної справи (НУВГП, Рівне)

Бедункова О. О., д.б.н., доцент,
професор кафедри екології, технології захисту
навколишнього середовища та лісового
господарства (НУВГП, Рівне)

Гроховська Ю. Р., д.с.-г.н., професор,
професор кафедри водних біоресурсів
(НУВГП, Рівне)

Лисиця А. В., д.б.н., доцент, професор кафедри
екології, географії та туризму (Рівненський
державний гуманітарний університет, Рівне)

Мудрак О. В., д.с.-г.н., професор, завідувач
кафедри екології, природничих та математичних
наук (Комунальний вищий навчальний заклад
«Вінницька академія неперервної освіти»
(м. Вінниця)

Ковальчук Н. С., к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри екології, технології захисту
навколишнього середовища та лісового
господарства (НУВГП, Рівне)

Ліхо О. А., к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри
екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства (НУВГП,
Рівне)

Личук Тарас, Міністерство сільського
господарства Канади, головний
науковий співробітник, керівник дослідницької
програми точного землеробства, Ph.D
(Оттава, Канада)

Панасюк Даміан, доктор філософії (Wydział
Inżynierii Środowiska), професор факультету
біології та екології, Університет кардинала
Стефана Вишинського (м. Варшава, Польща)

Матеріали збірника розглянуто і рекомендовано до видання
Вченою радою університету 27 жовтня 2023 р., протокол № 10.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП
© Національний університет водного господарства
та природокористування, 2023

BULLETIN
NATIONAL UNIVERSITY OF
WATER AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

ISSN 2306-5478
VOLUME 3(103)

<https://doi.org/10.31713/vs320230>

Founded
In 1999

The given Collection of Scientific Papers
is approved by the Decree of the
Ministry of Education and Science of
Ukraine # 1188 dated September
4, 2020, category "B" (majors: 101, 201)

Collection of Scientific Papers

Agricultural Sciences

Scientific Editorial Board Address:
33028 Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE

Tel: (0362)63-57-31

© National University of Water and
Environmental Engineering, 2023

The collection contains scientific papers on ecology, agricultural reclamation (agricultural sciences), agricultural soil science and agrophysics, rational use of natural resources and water bioresources. The given Bulletin is designed for scientists, engineers, graduate students and undergraduate students of educational establishments.

Senior Editor: Moshynskiy V. S.,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector.

Deputy Editor: Savina N. B., Doctor of Economics, Professor,
Vice-Rector for Research and International Relations.

Executive Secretary: Vozniuk N. M.,

Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Professor of

Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department.

Scientific Editorial Board:

Klymenko M. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Pryshchepa A. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of Institute of Agroecology and Land Management (NUWEE, Rivne)

Lyko D. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)

Polovyi V. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS of Ukraine, Professor of Agrochemistry, Soil Science and Agriculture Department (NUWEE, Rivne)

Skrypchuk P. M. Doctor of Economics, Professor, Professor of Management Department (NUWEE, Rivne)

Hryb Y. V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)

Klymenko O. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Tourism and Hotel and Restaurant Business Department (NUWEE, Rivne)

Biedunkova O. O., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Hrokhovska Y. R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)

Lysytsia A. V., Doctor of Biological Sciences, Professor of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)

Mudrak O. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Natural and Mathematical Sciences (Municipal Higher Educational Institution «Vinnytsia Academy of Continuing Education») (Vinnytsia)

Kovalchuk N. S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Likho O. A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Lychuk Taras, Department of Agriculture of Canada, chief researcher, head of the research program of precision agriculture, Ph.D (Ottawa, Canada)

Panasiuk Damian, Doctor of Philosophy, Professor of Biology and Environmental Sciences Faculty, Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw (Warsaw, Poland)

All papers have been reviewed and accepted for publication
by the Academic Council of the University on October 27, 2023,
Academic Council Meeting Minutes #10.

Scientific Editorial Board Address: 33028, Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE
© National University of Water and Environmental Engineering, 2023

Breus D. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Kherson state agrarian and economic university, Kherson, breusd87@gmail.com), **Vozniuk N. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, n.m.voznyuk@nuwm.edu.ua)

INFLUENCE OF BIOLOGICAL AGENTS ON YIELD AND QUALITY OF VEGETABLE PEAS UNDER THE CONDITIONS OF STEPPE ZONE

The use of chemical herbicides is a critical problem in terms of sustainable land use requiring the alternative ways of treatment and protection of agricultural crops. The problem is manifested in the long-term chemization of agricultural lands which critically influenced the quality of soils. Along with this, the problem is exacerbated by the inappropriate environmental cleanliness of the crop harvested on chemically treated lands, as well as by the quantity and quality of these agricultural products. The use of non-chemical agents for the treatment of agricultural crops is indeed a crucial direction in agriculture which contributes to sustainable development as it helps preserve soil fertility, reduce the negative impact on the environment, and supports production without the use of synthetic pesticides. An analysis of available sources has shown that the practical study of the influence of reducing the use of chemical fertilizers and increasing the use of organic fertilizers for the treatment of main agricultural crops remain pertinent and inadequately researched. Therefore, the aim of this article was to show the results of the practical research on the influence of the pre-sowing seed treatment with boron (B), molybdenum (Mo) and Rhizohumin on the yield vegetable pea and its quality. The practical investigation was conducted on the experimental plots located in the Steppe zone of the southern Ukraine. Vegetable peas is a valuable source of dietary protein, the plant is often used for sideration that is why this particular plant was chosen for research. The research was based on treatment of vegetable pea's seeds with different combination of mineral fertilizers containing boron, molybdenum and with Rhizohumin – agent based on active strains of nodular bacteria, and comparison of the obtained results with control

– fertilizing the soils using ammonium sulfate and superphosphate ($N_{30}P_{40}$). It was established the positive impact of seed treatment with B, Mo, and Rhizohumin on the number of flowers and pods during flowering and pod formation stages compared with control. It was studied the positive influence of mineral fertilizers on the yield of vegetable peas as well as on its quality. Conducted research may be considered by agricultural producers during farming activities.

Keywords: vegetable peas; weeds; molybdenum; boron; Rhizohumin; biological agents; quality of yield.

Formulation of the problem. Under the dry conditions of the southern Steppe combining with lack of nutrients in soils after long-time and intensive application of chemicals, vegetable peas experience a significant reduction in yield. The flowers drop, the peas become less moist, and the 1000 kernel weight decreases. Therefore, according to last investigations, it is more advantageous to cultivate vegetable peas on irrigated lands where soil moisture is maintained at around 70% of field capacity. However, excessively high moisture levels can also negatively impact the yield of vegetable peas. The plants grow excessive vegetative mass, requiring more nutrients, which leads to reduced grain yield. Additionally, in these conditions, plants often become susceptible to diseases. That is why in our experimental investigation it was chosen the lands irrigated by sprinkler, which helped to regulate moisture regime within the necessary limits [12, P. 675].

Analysis of recent research and publications. A number of conducted researches proved that vegetable pea is collaborating with nitrogen-fixing nodular bacteria, allowing them to accumulate a significant amount of nitrogen from the atmosphere. Rhizohumin agent was produced on the basis of such bacterium that is why it was chosen for our experimental investigation [9, P. 680]. Thanks to this interaction, in a single growing season, one hectare of crops is accumulating between 50 to 90 kilograms of nitrogen, depending on the kind of soil, and in irrigated conditions, this indicator reach up to 140 kilograms per hectare. This is equivalent to applying 2–4 hundredweights of ammonium nitrate or up to 15 tons of manure [4, P. 162].

Vegetable pea is a crop sensitive to excessive weed infestation, and its productivity is reducing by up to 55% due to the harmful effects of weeds [8, P. 160]. The herbocritical period of vegetable pea is about 28–35 days and lasts from the three-leaf stage of crop development to

the stage of the beginning of flowering. The level of crop loss depends on the number, species composition of weeds and the duration of their competitive relationship [1, P. 202]. Weeds, besides competing with crop plants for vital resources such as light, water, minerals, and others, is also cause technological damage, which affect the productivity of crops and the quality of their harvest. This is especially relevant for vegetable peas during harvesting, as weeds are leading to increased losses during threshing and deterioration in the quality of green peas. Therefore, the article is taking into account this specific factor of vegetable peas growing and studying the influence of seed treatment by B, Mo and Rhizohumin on the quantity of competitive weeds [11, P. 189].

Previous studies of the influence of micronutrients on the vegetable pea yield have established that molybdenum affects symbiotic nitrogen fixation [14, P. 935]. It also has a significant influence on the nitrogen metabolism of plants, nitrogen-fixing bacteria, as well as certain algae and fungi. Molybdenum plays a crucial role in the fixation of molecular nitrogen by nodular bacteria in symbiosis with leguminous plants. The yield increase due to molybdenum application according to different studies varies from 0.3 to 0.4 tons per hectare [6, P. 17]. Boron is also an essential element in the mineral nutrition of vegetable peas. A deficiency of boron in plant nutrition hinders the synthesis of proteins and nucleic acids [5, P. 217]. The development of ovaries and seeds is disrupted when there is a boron deficiency, affecting the normal growth, and the processes of seed ripeness are disturbed. Boron, like molybdenum, enhances nitrogen uptake in pea plants [3, P. 631]. Rhizohumin is a bio-fertilizer, which is used to treat pea seeds in order to improve nitrogen nutrition of plants and increase crop productivity. The composition of the preparation includes specially prepared peat with bacterial cells of *Rhizobium leguminosarum* multiplied in it, physiologically active substances of biological origin (auxins, cytokinins, amino acids, humic acids), microelements in chelated form and compounds of macroelements in starting concentrations. Therefore, boron, molybdenum and Rhizohumin in various combinations were chosen in this study to identify the effect of treatment of vegetable pea seeds [2, P. 233].

The objective of the research. The objective of the study was to prove experimentally the positive influence of the treatment of vegetable pea's seeds with Rhizohumin and biological agents containing boron and molybdenum on the weeds infestation, crop yield, and its quality under the conditions of the Steppe zone of the Southern Ukraine.

Materials and methods. Agricultural lands chosen for the research are located in the southern part of the Kherson region. The climate here is arid and moderately hot. This region has a limited precipitation and a high rate of evaporation, leading to increased water evaporation from the soil. The soil's nutrient content in the plow layer of the soil is characterized as insufficient for obtaining high yields of bean and other agricultural crops. Agrochemical indicators are on the level: the content of easily hydrolysable nitrogen is 28.0–43.0 mg/kg, nitrates are 2.8–13.6 mg/kg, absorbed ammonium is 3.8–4.2 mg/kg, available phosphorus is 36.0–40.0 mg/kg, and exchangeable potassium is 254.0–292.0 mg/kg of soil. The cation exchange capacity of dark-chestnut soils is 22.3–24.6 mg-eq. per 100 g of soil. Sodium content ranges from 0.9–1.1 mg-eq. per 100 g of soil. The reaction of the soil solution is neutral or slightly alkaline (pH of the soil extract is 7.0–7.2), at a depth of 50 cm, the pH is 7.2–7.5, and at 100 cm, it is 7.5–7.8 [10, P. 157].

To achieve high yields of agricultural crops on soils with this kind of agrochemical state under irrigation, it is necessary to replenish the soil primarily with nitrogen and partially with phosphorus in forms that are accessible for plants. Therefore the soils of study area used for growing vegetable peas without seed treatment were fertilized with $N_{30}P_{40}$ using ammonium sulfate and superphosphate. This was the control for the comparison of obtained results. The predecessor of vegetable peas in crop rotation was winter wheat. Irrigation was carried out by sprinklers "Fregat" with irrigation rate of 800 m³/ha. The area of the experimental accounting plots were 50–100 m² [13, P. 139].

The quality of the vegetable pea crop was determined by the 1000 kernel weight – a quality test applied to pea to determine its potential milling yield and by the diameter of seeds. The hardness of the pea grains for determination of commercial quality and conformity of the vegetable pea class was determined using a Finometer F-4 (Table 1).

Table 1

Scale of vegetable pea class according to hardness

Hardness, units	Class of pea according
28–41	High
42–58	First
59–69	Second
70 and higher	Non-standard

The study of influence of seeds treatment by agents containing boron (B) and molybdenum (Mo) and by Rhizohumin was conducted during field crop rotation on the fields of the Southern Steppe of Ukraine during 2020–2021 according to the following scheme presented on Figure 1.

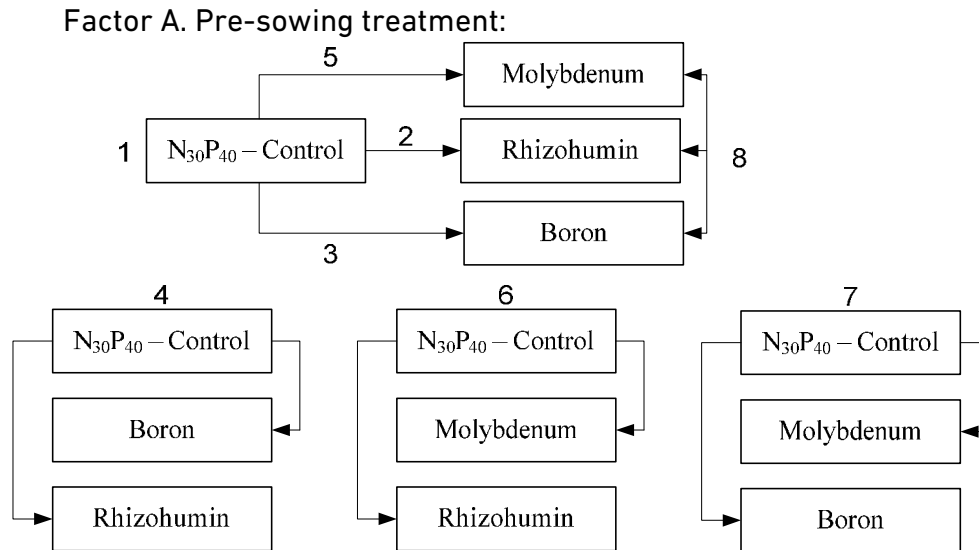


Fig. 1. Scheme of pre-sowing treatment

Factor B. Dates of sowing: early period (the third decade of March); late period (the first decade of April).

The scheme of the experiment included seed treatment before sowing in various combinations with boron (boric acid) – 75 g/t, molybdenum (ammonium molybdenum acid) – 50 g/t and Rhizohumin – 200 g/t. This operation was carried out together with pre-sowing (two months before sowing) treatment of pea seeds with the Fundazol agent, which does not affect the spores of nodule bacteria contained in Rhizohumin. For the object of research it was chosen vegetable peas of the Alfa variety, which is the national standard of Ukraine and entered in the register of varieties [7, P. 538].

The research was conducted on a dark-chestnut soils, their characteristic feature is a shallow humus horizon (25–30 cm), low humus content (1.7–1.9%), and a weakly aggregated structure. The physical and mechanical properties of the soil in the research area are presented in Table 2.

Table 2

Physical and mechanical properties of the soil in the research area

Horizon, cm	Sum of fractions in% to dry soil		Bulk density, g/cm	Solid phase density, g/cm	Porosity, %
	Clay > 0.01 mm	0.01 mm			
0–20	49.7	50.3	1.22	2.58	54.4
20–40	51.9	48.1	1.26	2.60	50.7
40–60	51.2	48.8	1.29	2.64	48.7
60–80	45.5	54.5	1.32	2.68	47.4
80–100	47.4	52.5	1.33	2.67	46.6

The degree of crop weed infestation by weeds was assessed using a five-point scale, which measures the density of weeds per square meter (m²). The scale is presented in Table 3.

Table 3

Five-point scale of the weeds infestation level, pcs/m²

Point	Level of infestation	Number of weeds per m ²
1	Very weak	1–4
2	Weak	5–14
3	Moderate	15–49
4	Strong	50–99
5	Very strong	over 100

This scale helps farmers, agronomists, and researchers to evaluate the severity of weed infestations on agricultural fields and make informed decisions about weed control and management strategies.

Main research materials. During field research, a FLUS ET-952 lux meter was used to determine the illumination of crops. The lowest level of illumination of the ground layer of vegetable peas was recorded, both during the first and second sowing periods, when the pea seeds were treated with boron, molybdenum and rhizothorpin and was 3200–4000 lx. This indicator of illumination of the ground layer is the threshold for most light-loving weeds in the steppe zone of Ukraine, such as *Atriplex patula*, *A. tatarica*, *Amaranthus retroflexus*, *Xanthium strumarium*, *Sisymbrium altissimum*, and *Descurainia Sophia* L. Therefore, between the illumination indicators of the ground layer and weediness of crops a correlation is traced during the first sowing period. It illustrates that when pea seeds were treated with boron,

molybdenum and rhizorthorpin, plants developed more actively, due to the fact that the pea crops fully used the light factor for photosynthesis because of a clearly visible leaf mosaic (the leaves of the upper, ground and middle layers do not shade each other), as a result of which the illumination of the space under the crops worsened due to a more developed above-ground mass of peas, which led to a decrease in the competitiveness of weeds, which in turn reduced their number per m². During the second sowing period, weediness was 15% less, this was due to the pre-sowing cultivation and post-emergence harrowing, which was made when most of the weeds had already emerged (Table 4).

Analyzing Table 4, it is clear that due to the applied agricultural measures, weed infestation almost in all experimental variants did not exceeded 5 plants per 1 square meter, which corresponds to 1 point on the 5-point weed infestation scale (Table 3). But the application of various combinations of biological agents laded to the decrease of the weeds number. This indicates that during the experiment vegetable peas did not suffer significant yield losses because of weeds, and weed infestation was below the damage threshold. The lowest weed infestation was in variant 8 and amounted, in average, 1.7 plants/m² – during the first sowing period and 1.6 plants/m² during the second sowing period representing respectively 31% and 40% of the weed infestation level in the control (Figure 2).

Table 4

Influence of the treatment on the weeds infestation, pcs/m²

№	Variant of experiment	2020			2021			Average
		I iterat.	II iterat.	average	I iterat.	II iterat.	average	
I sowing period								
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	6.0	7.0	6.5	5.0	4.0	4.5	5.5
2	Cont. + Rhizoh.	5.0	6.0	5.5	4.0	3.0	3.5	4.5
3	Cont. + B	4.5	5.0	4.7	4.0	3.0	3.5	4.1
4	Cont. + B + Rhizoh.	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.5
5	Cont. + Mo	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.5	3.7
6	Cont. + Mo + Rhizoh.	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.5	2.7
7	Cont. + B+ Mo	3.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.2	2.3
8	Cont. + B + Mo + Rhizoh.	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	1.7
II sowing period								
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	5.0	4.0	4.5	3.0	4.0	3.5	4.0

Continuation of the table 4

2	Cont. + Rhizoh.	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.5
3	Cont. + B	4.0	3.5	3.7	3.0	3.0	3.0	3.3
4	Cont. + B + Rhizoh.	3.0	4.0	3.5	3.0	2.0	2.5	3.0
5	Cont. + Mo	3.0	2.5	2.7	2.0	3.0	2.5	2.8
6	Cont. + Mo + Rhizoh.	3.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.3
7	Cont. + B+ Mo	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	1.7
8	Cont. + B + Mo + Rhizoh.	1.5	2.0	1.7	2.0	1.0	1.5	1.6

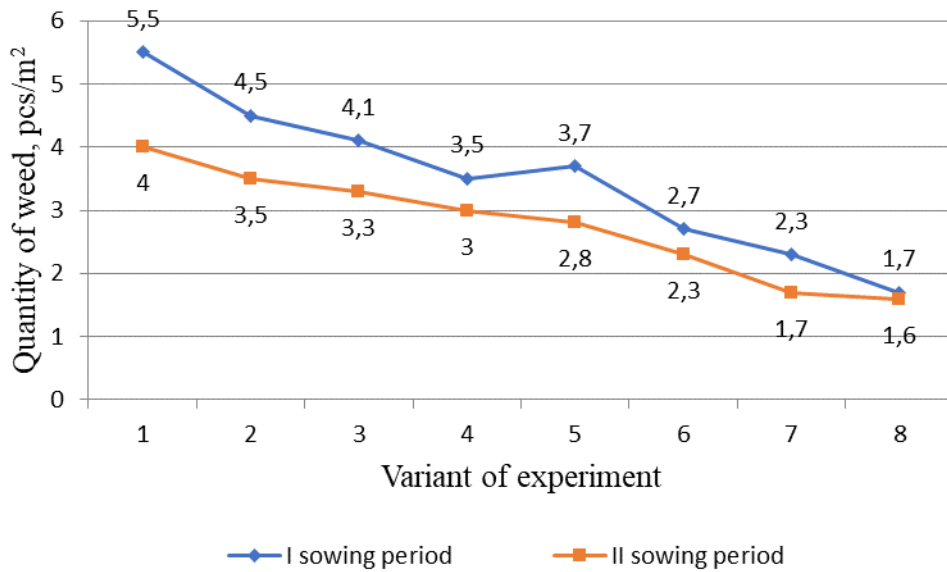


Fig. 2. The influence of treatment on the weed infestation (average for 2020–2021)

Obtained data indicating the influence of boron, molybdenum and Rhizohumin seed treatment on the number of flowers, beans during the interphase period "flowering – bean formation" are shown in Table 5. It indicates that the number of flowers and beans over the two years of research, both in the early and late sowing periods, did not differ significantly, and the influence of the studied factors on them was significant.

The research has shown that the increase in yield occurs due to the growth in the number of pods per plant, rather than the number of seeds per pod. Analyzing the obtained data, it was established that in

two variants of treatment with Mo + Rhizohumin and B + Mo the number of flowers during flowering stage during early sowing period was the same and were higher by 1.4 times comparing with control.

Table 5

Average number of pods and seeds in one pod during 2020–2021

№	Variant of experiment	Stages of development		
		Number of pods	Number of seeds per pod	
		Flowering-pod formation	Green pea stage	Technical ripeness
I sowing period				
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	8.1	5.4	5.2
2	Cont. + Rhizohumin	10.2	5.6	5.4
3	Cont. + B	10.1	5.6	5.3
4	Cont. + B + Rhizohumin	10.4	5.3	5.2
5	Cont. + Mo	10.7	5.6	5.4
6	Cont. + Mo + Rhizohumin	11.3	5.8	5.6
7	Cont. + B+ Mo	11.3	5.6	5.5
8	Cont. + B + Mo + Rhizohumin	11.0	6.0	5.8
II sowing period				
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	7.4	5.0	4.7
2	Cont. + Rhizohumin	9.6	5.4	5.3
3	Cont. + B	9.6	5.4	5.4
4	Cont. + B + Rhizohumin	10.0	5.4	5.3
5	Cont. + Mo	10.5	5.7	5.7
6	Cont. + Mo + Rhizohumin	10.6	5.9	5.7
7	Cont. + B+ Mo	11.1	5.6	5.4
8	Cont. + B + Mo + Rhizoh.	10.7	6.3	6.3

Regarding the yield, Table 6 presents data indicating the impact of seed treatment with boron, molybdenum, and Rhizogumin on the yield of vegetable peas both in green pea stage and technical ripeness of seeds. In the early sowing period, the maximum yield of dry peas (Table 6) was 2.51 tons per hectare (+ 22.3% compared to control) when treating seeds with boron and molybdenum, and in the late sowing period, it was 2.36 tons per hectare (+ 26.3% compared to control) when using molybdenum and Rhizogumin.

Table 6

Yield of green and dry vegetable pea depending on treatment (ton/ha)

№	Variant of experiment	Green pea			Dry pea		
		2020	2021	average	2020	2021	average
I sowing period							
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	5.62	6.56	6.09	1.85	2.05	1.95
2	Cont. + Rhizohumin	6.54	7.37	6.96	2.10	2.32	2.21
3	Cont. + B	6.45	7.24	6.85	2.12	2.31	2.22
4	Cont. + B + Rhizohumin	6.72	7.52	7.12	2.18	2.38	2.28
5	Cont. + Mo	7.23	8.16	7.70	2.33	2.55	2.44
6	Cont. + Mo + Rhizohumin	7.04	7.98	7.51	2.25	2.50	2.38
7	Cont. + B+ Mo	7.40	8.29	7.85	2.38	2.63	2.51
8	Cont. + B + Mo + Rhizohumin	7.18	8.09	7.64	2.29	2.57	2.43
II sowing period							
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	4.82	6.04	5.43	1.55	1.93	1.74
2	Cont. + Rhizohumin	5.66	6.92	6.29	1.81	2.20	2.01
3	Cont. + B	6.08	7.31	6.70	1.98	2.35	2.17
4	Cont. + B + Rhizohumin	6.35	7.58	6.97	2.04	2.42	2.23
5	Cont. + Mo	6.48	7.82	7.15	2.07	2.48	2.28
6	Cont. + Mo + Rhizohumin	6.64	8.04	7.34	2.14	2.57	2.36
7	Cont. + B+ Mo	6.40	7.93	7.17	2.07	2.53	2.30
8	Cont. + B + Mo + Rhizohumin	6.58	8.00	7.29	2.11	2.54	2.33

The yield of green pea amounted to 7.85 tons per hectare for the first sowing period when treating seeds with boron and molybdenum and 7.34 tons per hectare for the second sowing period when treating seeds with boron and Rhizohumin, while the variants without seed treatment yielded 6.09 and 5.43 tons per hectare, respectively. In the early sowing period, dry vegetable peas in the variants of seed treatment with molybdenum (2.44 t/ha) and with boron, molybdenum, and Rhizohumin (2.43 t/ha) took second and third places in terms of yield, with minimal difference between them that did not exceed the experimental error. In the late sowing period, the second and third places in terms of yield were occupied by the variants with seed treatment with boron, molybdenum, and Rhizohumin, which resulted in dry pea of 2.33 tons per hectare and 2.30 tons per hectare, when treating seeds with boron and molybdenum (or 8.00 and 7.93 tons per hectare of green pea).

An important indicator that affects the yield and quality of vegetable peas is the percentage of green peas from the total weight of 12

pods. For the studied Alfa variety, according to data from various researchers, this indicator varies from 41% to 59%. Data reflecting the impact of seed treatment with boron, molybdenum, and Rhizohumin on the structure of the vegetable pea yield is presented on Figure 3.

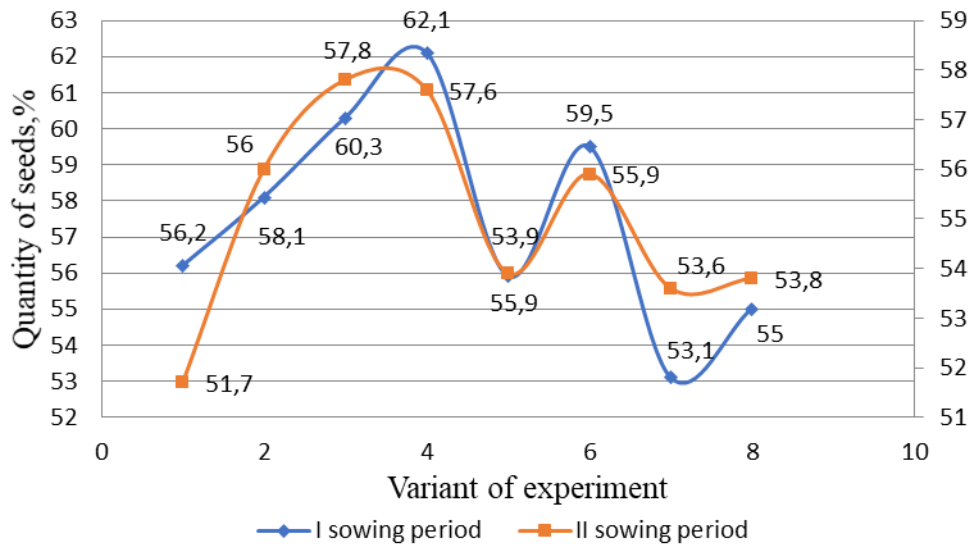


Fig. 3. Impact of treatment on the seed output from vegetable pea pods, %

From obtained data, it is clear that in the variants of combination boron and molybdenum during the first sowing period and molybdenum and Rhizohumin during the second sowing period, which provided the highest yield for this crop, the percentage of green peas from the total weight of pods was 53.1% and 59.5%, respectively. This exceeded the control variants by 1.9% and 2.8%.

The results of conducted studies on the influence of biological agents on the quality indicators of vegetable peas are presented in Table 7.

Analyzing the obtained data it is clearly seen that 1000 kernel weight when treating vegetable pea seeds with biological agents during the first and second sowing periods reduced comparing with the control almost in all variants, except Rhizohumin and Rhizohumin plus boron. Grain diameter also decreased compared to the control in almost all variants. The decrease in 1000 kernel weight and seed diameter did not affect the yield of vegetable peas compared to the control due to the

increase in the number of pods per plant, which we described earlier. According to the vegetable pea class table, the obtained peas from all experimental fields can be classified as high and first classes, except the variant with boron treatment which classified as second class.

Table 7

Influence of seed treatment on quality indicators of vegetable peas

№	Variant of experiment	1000 kernel weight	Diameter of seeds	Hardness, units	Technical ripeness, days
I sowing period					
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	355.6	6.7	53	45
2	Cont. + Rhizohumin	373.3	6.3	45	+2
3	Cont. + B	355.0	7.2	62	-2
4	Cont. + B + Rhizohumin	374.6	7.1	56	+2
5	Cont. + Mo	334.0	5.3	40	+4–6
6	Cont. + Mo + Rhizohumin	316.3	5.1	32	+5–6
7	Cont. + B+ Mo	294.6	5.8	38	+4–6
8	Cont. + B + Mo + Rhizoh.	308.0	5.5	35	+6
II sowing period					
1	N ₃₀ P ₄₀ – control	365.0	6.5	50	43
2	Cont. + Rhizohumin	373.0	6.3	43	-6–8
3	Cont. + B	344.0	7.0	59	+4–6
4	Cont. + B + Rhizohumin	375.0	6.9	52	+8–10
5	Cont. + Mo	301.0	5.2	38	+10–11
6	Cont. + Mo + Rhizoh.	292.0	5.0	36	+11–12
7	Cont. + B+ Mo	277.0	5.5	42	+10–12
8	Cont. + B + Mo + Rhizoh.	297.6	5.4	40	+11–12

Thanks to the improvement of nitrogen nutrition of vegetable peas as a result of the stimulation of nodule bacteria with boron, molybdenum and Rhizohumin, a delay in the beginning of technical ripeness of seeds by 4–6 days was observed in the studied variants, which allows to double the period of harvesting during the best technological phase, obtaining products of the high and first class for the green peas.

When sowing in second period, the optimal harvesting period can be extended by 10–12 days compared to the control, which makes it possible to increase the length of the processing the yield and the area of vegetable pea crops.

Conclusions. The indicators of weed infestation clearly demonstrate a direct relationship of crop illumination, with a particular impact observed in the ground layer where weed seedlings are deprived of sufficient light. This limited exposure to light restricts the growth and development of weeds and subsequently results the elongation and etiolation of their leaf blades. Etiolation is a consequence of reduced chlorophyll synthesis, which is essential for photosynthesis and, therefore, profoundly affects the overall vigor and competitive ability of weeds in these shaded areas.

The analysis of illumination of the ground layer of crops and weed infestation reveals a notable correlation during the first sowing period. This link suggests that treating vegetable pea seeds with boron, molybdenum, and Rhizohumin contributes to a reduction of competing weeds by diminishing the amount of light reaching the lower tier of the crops. This reduction of illumination is caused by the increased above-ground biomass of pea plants.

Seed treatment of vegetable pea with boron, molybdenum, and Rhizohumin during the first sowing period, and with molybdenum and Rhizohumin during the second sowing period, has led to significant increase of the pods number per plant. This suggests that these treatments have a positive impact on pea plant development and pod production, which is an advantage for farmers and growers seeking to enhance their crop yields.

The maximum vegetable peas yield of technical ripeness 2.51 tons of dry peas per hectare were achieved with pre-sowing seed treatment with boron and molybdenum during the first sowing period. A highest yield of 2.36 tons of dry peas per hectare was attained with molybdenum and Rhizohumin treatment during the second sowing period. These results show the importance of seed treatments at specific sowing periods to optimize the technical production of vegetable peas, enabling farmers to obtain the higher yields from the crops. This information is valuable for agricultural practices aimed at improving pea cultivation.

In the studied variants, the seed output from pods was 1.9% higher in the early sowing period and 2.8% higher in the late sowing period compared to the control variants. The increase in seeds output from pods shows a positive impact of treatment and both of early and late sowing periods on the efficiency of seed output from pea pods. Farmers and researchers can consider this information when planning their sowing schedules to optimize seed extraction and overall crop productivity.

Using the finometr it was proved that the treatment of pea seeds by biological agents is improving the class of vegetable peas harvested during the green pea stage comparing with control. Harvested green peas were of a high and first class when treating by all variants of combination of biological agents except the variant of pure boron. In general, the experimental work shows the positive effect of treating the seeds of vegetable peas with biological agents containing boron and molybdenum and by Rhizohumin.

1. 12 – Effects of heavy metals present in sewage sludge, their impact on soil fertility, soil microbial activity, and environment / M. S. Ansari, A. Tauseef, M. Haris, A. Khan, H. Touseef, A. A. Khan. *Development in Waste Water Treatment Research and Processes*. 2022. P. 197–214, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85584-6.00013-3>. **2.** Breus D., Yevtushenko O. Agroecological Assessment of Suitability of the Steppe Soils of Ukraine for Ecological Farming. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24(5). P. 229–236. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/161761>. **3.** Breus D. S., Skok S. V. Spatial modelling of agro-ecological condition of soils in steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2021. № 48(3). P. 627–633. **4.** Breus D. S., Yevtushenko O. T. Modeling of Trace Elements and Heavy Metals Content in the Steppe Soils of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. № 23(2). P. 159–165. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/144391>. **5.** Boron in plant biology / P. H. Brown at al. *Plant Biology*. 2002. № 4. P. 205–223. **6.** Dudiak N., Pichura V., Potravka L., Strachuk N. Environmental and economic effects of water and deflation destruction of steppe soil in Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2021. № 50. P. 10–26. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.138156>. **7.** Dudiak N. V., Potravka L. A., Stroganov A. A. Soil and climatic bonitation of agricultural lands of the steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2019. № 46(3). P. 534–540. **8.** Fakkar A. A. O., El-Dakkak A. A. A. Effect of crop sequence and weed control treatments on weeds and pea crop productivity. *Annals of Agricultural Sciences*. 2015. № 60(1). P. 157–168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2015.05.002>. **9.** Kamran A., Mushtaq M., Arif M., Rashid S. Role of biostimulants (ascorbic acid

and fulvic acid) to synergize Rhizobium activity in pea (*Pisum sativum* L. var. Meteor). *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. № 196. P. 668–682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.02.018>. **10.** Pichura V., Domaratskiy Y., Potravka L., Biloshkurenko O., Dobrovolskiy A. Application of the Research on Spatio-Temporal Differentiation of a Vegetation Index in Evaluating Sunflower Hybrid Plasticity and Growth-Regulators in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24(6). P. 144–165. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/162782>. **11.** Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Stroganov A., Dyudyaeva O. Spatial differentiation of regulatory monetary valuation of agricultural land in conditions of widespread irrigation of steppe soils. *Journal of Water and Land Development*. 2021. № 48(1–3). P. 182–196. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136161>. **12.** Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Vdovenko N. Space-time modeling of climate change and bioclimatic potential of steppe soils. *Indian Journal of Ecology*. 2021. № 48(3). P. 671–680. **13.** Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the effect of biological growth-regulating preparations on the yield of agricultural crops under the conditions of Steppe zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24(7). P. 135–144. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/163494>. **14.** Wysokinski A., Lozak I., Kuziemska B. The Dynamics of Molybdenum, Boron, and Iron Uptake, Translocation and Accumulation by Pea (*Pisum sativum* L.). *Agronomy*. 2020. № 12(4). P. 935. DOI: 10.3390/agronomy12040935.

REFERENCES:

1. 12 – Effects of heavy metals present in sewage sludge, their impact on soil fertility, soil microbial activity, and environment / M. S. Ansari, A. Tauseef, M. Haris, A. Khan, H. Touseef, A. A. Khan. *Development in Waste Water Treatment Research and Processes*. 2022. P. 197–214, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85584-6.00013-3>. **2.** Breus D., Yevtushenko O. Agroecological Assessment of Suitability of the Steppe Soils of Ukraine for Ecological Farming. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24(5). P. 229–236. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/161761>. **3.** Breus D. S., Skok S. V. Spatial modelling of agro-ecological condition of soils in steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2021. № 48(3). P. 627–633. **4.** Breus D. S., Yevtushenko O. T. Modeling of Trace Elements and Heavy Metals Content in the Steppe Soils of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. № 23(2). P. 159–165. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/144391>. **5.** Boron in plant biology / P. H. Brown et al. *Plant Biology*. 2002. № 4. P. 205–223. **6.** Dudiak N., Pichura V., Potravka L., Straticchuk N. Environmental and economic effects of water and deflation destruction of steppe soil in Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2021. № 50. P. 10–26. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.138156>. **7.** Dudiak N. V., Potravka L. A.,

Stroganov A. A. Soil and climatic bonitation of agricultural lands of the steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2019. № 46(3). P. 534–540.

8. Fakkar A. A. O., El-Dakkak A .A. A. Effect of crop sequence and weed control treatments on weeds and pea crop productivity. *Annals of Agricultural Sciences*. 2015. № 60(1). P. 157–168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2015.05.002>.

9. Kamran A., Mushtaq M., Arif M., Rashid S. Role of biostimulants (ascorbic acid and fulvic acid) to synergize Rhizobium activity in pea (*Pisum sativum* L. var. Meteor). *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. № 196. P. 668–682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.02.018>.

10. Pichura V., Domaratskiy Y., Potravka L., Biloshkurenko O., Dobrovolskiy A. Application of the Research on Spatio-Temporal Differentiation of a Vegetation Index in Evaluating Sunflower Hybrid Plasticity and Growth-Regulators in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24(6). P. 144–165. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/162782>.

11. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Stroganov A., Dyudyaeva O. Spatial differentiation of regulatory monetary valuation of agricultural land in conditions of widespread irrigation of steppe soils. *Journal of Water and Land Development*. 2021. № 48(1–3). P. 182–196. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136161>.

12. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Vdovenko N. Space-time modeling of climate change and bioclimatic potential of steppe soils. *Indian Journal of Ecology*. 2021. № 48(3). P. 671–680.

13. Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the effect of biological growth-regulating preparations on the yield of agricultural crops under the conditions of Steppe zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24(7). P. 135–144. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/163494>.

14. Wysokinski A., Lozak I., Kuziemska B. The Dynamics of Molybdenum, Boron, and Iron Uptake, Translocation and Accumulation by Pea (*Pisum sativum* L.). *Agronomy*. 2020. № 12(4). P. 935. DOI: [10.3390/agronomy12040935](https://doi.org/10.3390/agronomy12040935).

Бреус Д. С., к.с.-г.н., доцент (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон), **Вознюк Н. М., к.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ГОРОХУ ОВОЧЕВОГО В УМОВАХ ЗОНИ СТЕПУ

Застосування хімічних гербіцидів є критичною проблемою з точки зору сталого землекористування, що потребує альтернативних способів обробки та захисту сільськогосподарських культур.

Проблема проявляється в тривалій хімізації сільськогосподарських угідь, яка критично вплинула на якість ґрунтів. Разом з цим, проблему загострює неналежна екологічна чистота врожаю, зібраного на хімічно оброблених землях, а також кількість і якість цієї сільськогосподарської продукції. Застосування нехімічних препаратів для обробки сільськогосподарських культур дійсно є ключовим напрямком у сільському господарстві, який сприяє сталому розвитку, оскільки допомагає зберегти родючість ґрунту, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та підтримує виробництво без використання синтетичних пестицидів. Аналіз наявних джерел показав, що практичні дослідження впливу зменшення використання хімічних добрив та збільшення використання органічних добрив для обробки основних сільськогосподарських культур залишаються актуальними та недостатньо дослідженими. Тому метою даної статті було висвітлити результати практичних досліджень впливу передпосівної обробки насіння бором, молібденом та Ризогуміном на урожай гороху овочевого та його якість. Практичні дослідження проводили на дослідних ділянках, розташованих у степовій зоні Півдня України. Овочевий горох є цінним джерелом харчового білка, рослина часто використовується для сидерації, тому для дослідження була обрана саме ця рослина. Дослідження базувалися на обробці насіння гороху овочевого різною комбінацією мінеральних добрив із вмістом бору, молібдену та Ризогуміну – препарату на основі активних штамів бульбочкових бактерій та порівняння отриманих результатів з контролем – удобренням ґрунтів сульфатом амонію та суперфосфатом. ($N_{30}P_{40}$). Встановлено позитивний вплив обробки насіння В, Мо та Ризогуміном на кількість квіток і стручків на етапах цвітіння та формування стручків порівняно з контролем. Вивчено позитивний вплив мінеральних добрив на урожай гороху овочевого та його якість. Проведені дослідження можуть бути враховані сільськогосподарськими товаровиробниками під час господарської діяльності.

Ключові слова: горох овочевий; бур'яни; молібден; бор; Ризогумін; біопрепарати; якість врожаю.

Боровий В. О., д.т.н., професор, Браславська О. В., д.пед.н., професор, Максютів А. О., к.пед.н., доцент (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, viktor.borowoy@fes.kiev.ua, oksana.braslavaska@udpu.edu.ua, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua)

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СПІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВИХ ТА ТРАДИЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

У статті розглянуті основні етапи та особливості розробки технологій спільного застосування супутникових та традиційних засобів та методів побудови локальних геодезичних мереж. Встановлено, що актуальним завданням сьогодні є розробка основних принципів спільного використання супутникових та традиційних геодезичних вимірів у вигляді технологічної схеми, що включає повний комплекс польових та камеральних робіт. Доведено, що підвищення ефективності побудови локальних геодезичних мереж можна досягнути за рахунок комплексного використання супутникових та традиційних засобів та методів. У зв'язку з цим виникає безліч питань щодо організації та спільного застосування супутникових та традиційних засобів та методів побудови локальних геодезичних мереж.

Ключові слова: геодезичні роботи; локальна геодезична мережа; топографо-картографічні матеріали; топографо-геодезичні дослідження; камеральні роботи; супутникові та традиційні засоби і методи вимірювань.

Постановка проблеми. В останні роки збільшився обсяг завдань із геодезичного забезпечення вивчення геодинамічних та деформаційних процесів, будівництва, монтажу та експлуатації сільськогосподарських та інженерних споруд, метрологічної атестації сучасної вимірювальної техніки, виконання топографічної та кадастрової зйомки та інших важливих завдань, вирішення яких здійснюється на основі побудови локальних геодезичних мереж.

Необхідна точність визначення координат пунктів цих мереж залежить від призначення мережі, її конфігурації, довжин сторін і

20

може бути в межах десятих часток міліметра – одиниць сантиметрів. Побудова локальних геодезичних мереж ґрунтується на лінійних, кутових, а останнім часом і супутникових вимірах. При цьому в багатьох випадках пункти встановлюються у місцях, де не забезпечуються сприятливі умови для радіобачення навігаційних систем. На цій підставі перспективи розвитку локальних геодезичних мереж пов'язані з комплексним використанням супутникових і наземних засобів вимірювань.

Однак, незважаючи на незаперечні переваги супутникових вимірювань (глобальності, проведення в будь-яких погодних умовах, високої точності, відсутності необхідності прямої видимості між пунктами та інших) у ряді випадків їх використання недоцільно або взагалі неможливо. Це, зокрема, відноситься до випадків необхідності їх застосування у залісненій місцевості та в міських умовах із багатоповерховою забудовою. У зв'язку з цим не менш актуальними залишаються питання використання технічних засобів та методів традиційних геодезичних вимірів.

При цьому найбільш досконалим засобом виміру в даний час є електронний тахеометр, що дозволяє виконувати кутові та лінійні виміри з високою точністю, а також здійснювати обчислення плоских прямокутних координат, висот та їх збільшення в реальному масштабі часу. До недоліків електронного тахеометра слід віднести: порівняно обмежену дальність дії, необхідність прямої видимості між пунктами, залежність від погодних умов та інше. Тому, очевидно, що найперспективнішим засобом виконання геодезичних вимірювань багатоцільового призначення є портативний прилад, що поєднує в єдиному корпусі супутниковий приймач, електронний тахеометр, мікропроцесор та блок зберігання інформації, що дозволяє підвищити позитивні якості кожного окремого засобу вимірювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових праць: Баран К. О. [1], Білокриницького С. М. [3], Божок А. П. [4], Дорошко Є. В., Захарова Е. В., Саркіяна Г. С., Міхно П. Б. [5], Ранського М. П. [11], Таратули Р. Б. [12], Хохлова Г. П. [14] засвідчив, що питання спільного застосування супутникових та традиційних геодезичних засобів та методів досить добре вивчені та розроблені при побудові державних геодезичних мереж. Однак для локальних геодезичних мереж багатоцільового призначення ці питання розроблені недостатньо повно.

Мета і завдання досліджень. Підвищення ефективності побудови локальних геодезичних мереж на основі комплексного використання супутникових та традиційних засобів та методів вимірювання. Ідея роботи полягає у зміні існуючої технологічної схеми побудови локальних геодезичних мереж з урахуванням комплексного використання супутникових та наземних засобів та методів.

Завдання досліджень: Аналіз сучасного стану побудови локальних геодезичних мереж та використовуваних при цьому сучасних засобів та методів. Обґрунтування та розробка технологічної схеми спільного використання супутникових та традиційних геодезичних вимірів для побудови локальних геодезичних мереж. Розробка алгоритмів взаємо-зворотних перетворень координат та їх похідних. Розробка алгоритмів розв'язання деяких геодезичних задач: обчислення похилих об'єктів по збільшеним координатам, редукція відстані, визначення масштабу та зближення меридіанів у проекції Гаусса-Крюгера, зрівнювання результатів спільних супутникових та традиційних геодезичних вимірів та ін.

Виклад основного матеріалу досліджень. Геодезичне забезпечення вивчення геодинамічних та деформаційних процесів, будівництва, монтажу та експлуатації інженерних та сільськогосподарських споруд, метрологічної атестації сучасної вимірювальної техніки, міського кадастру та вирішення інших завдань здійснюється на основі побудови локальних геодезичних мереж. Вимоги до точності, густини, стабільності центрів пунктів, складу вимірювальної інформації надзвичайно різноманітні. Це обумовлено розмаїттям завдань, які вирішуються з за допомогою локальних геодезичних мереж. Варто розглянути особливості побудови таких мереж на геодезичних полігонах, у великих містах та районах будівництва унікальних інженерних споруд, оскільки ці напрями у діяльності геодезії, картографії та топографії нині є одними з основних [11, С. 4].

Інженерно-геодезичні мережі створюються на території міст, великих промислових, енергетичних, гірничодобувних об'єктів і є геодезичною основою виконання комплексу проектно-вишукувальних та будівельних робіт. За геометричною побудовою планові мережі інженерно-геодезичного призначення традиційно створюються методами тріангуляції, трилатерації, полігонометрії,

лінійно-кутовими мережами та їх поєднаннями. Вимоги до точності, конфігурації, густини інженерно-геодезичних мереж надзвичайно різноманітні. Вони визначаються тими завданнями, які вирішуються під час пошуків, проектування, будівництва та експлуатації інженерних споруд.

Побудова інженерно-геодезичних мереж ґрунтується на кутових та лінійних вимірах, в останні роки стали використовуватися супутникові виміри. Проведення кутових та лінійних вимірів в інженерно-геодезичній практиці ускладнюється комплексом зовнішніх умов, що впливають на точність результатів. До них можна віднести: наявність перешкод, що обмежують довжини сторін та вибір місця для встановлення приладів у сприятливих для вимірювань умовах; бічна рефракція; нестійкість приладу внаслідок вібрацій та інше [1, С. 19].

При побудові та обробці таких мереж можливі деякі суттєві спрощення, які практично не знижують точності результатів геодезичних визначень. Актуальною проблемою при цьому необхідно визнати розробку основних принципів спільного використання супутникових та традиційних геодезичних вимірів у вигляді технологічної схеми, що включає повний комплекс польових та камеральних робіт.

Супутникові вимірювання, як відомо, здійснюються з використанням просторової прямокутної системи координат S (XYZ) з координатами X , Y , Z (або геодезичної системи G (BLH) з координатами B , L , H)), а наземні вимірювання виконуються із застосуванням плоскої прямокутної у проекції Гауса з координатами x , y , яку представимо в тривимірному форматі додаванням аплікати z і надалі називатимемо системою P (xuz). У цьому досить актуальними виявляються питання, що з взаємним перетворенням координат точок та його похідних координат, (диференціальних поправок координат) із системи до системи.

Важливе значення мають питання розробки алгоритмів вирішення типових геодезичних завдань у функціях координат різних систем. До таких завдань можна віднести обчислення координат точок прирощень координат, обчислення похилих дальностей по приросту координат, редукція відстаней у проекції Гаусса-Крюгера, визначення масштабу і зближення меридіанів у проекції Гаусса-Крюгера, спільне зрівнювання супутникових та

традиційних геодезичних вимірів [4, С. 275]. При розробці алгоритмів, на наш погляд, доцільно дотримуватись таких вимог:

- запропоновані алгоритми мають бути досить простими за рахунок обмежень, що виникають у локальних геодезичних мережах;

- результати обчислень за пропонуваними алгоритмами не повинні відрізнятися від строгих більш, ніж на 2 мм у лінійній мірі та 0.0001 у кутовій мірі;

- алгоритми мають бути реалізовані у програмних продуктах;

- одночасно з результатами зрівнювання спільних супутникових та традиційних геодезичних вимірів мають бути отримані необхідні метрологічні характеристики: оцінки точності результатів зрівнювання та розрахунок ймовірності знаходження точок, що визначаються в просторових тілах (еліпсоїд, сфера) і плоских геометричних фігурах (еліпс, коло) [10, С. 128].

Очевидно, результати одного виду вимірювань можуть бути спотворені за рахунок різних чинників. Вплив таких факторів можна локалізувати шляхом розширення видового складу вимірювань, що використовуються в інженерно-геодезичній практиці, насамперед супутникових.

Керівними документами, що регламентують побудову інженерно-геодезичних мереж, передбачається побудова або планових або висотних мереж. Хоча сучасні засоби вимірювань дозволяють здійснювати побудову просторових мереж. Тому актуальним стає розробка алгоритмів вирівнювання просторових мереж, в яких коефіцієнти рівнянь поправок та вільні члени виражаються у вигляді функцій координат різних систем (плоскої, геодезичної, просторової).

Найпоширенішими супутниковими навігаційними системами, що широко використовуються в геодезичних цілях є GPS (Global Positioning System), створена в США. У рамках Європейського союзу існує аналог-система GNSS-2, що отримала назву GALILEO [3, С. 64]. З огляду на дедалі ширше використання приймальної апаратури, що працює за сигналами цих систем, у практику топографо-геодезичних робіт розгляду їх принципу дії, обліку впливу на точність супутникових вимірів різних факторів та вирішення інших питань присвячено велику кількість спеціальної наукової літератури [14, С. 342].

Супутникові навігаційні системи включають три основні підсистеми: космічних апаратів, контролю та управління, апаратури споживачів.

На кожному супутнику системи GPS є наступне обладнання:

- атомні стандарти частоти та часу, які служать для генерування опорної частоти з добовою нестабільністю, а також для формування несучих L1 та L2 частот радіовипромінювання дециметрового діапазону хвиль;
- радіопередавач з пристроєм модуляції несучих частот передачі навігаційних сигналів споживачам;
- бортовий обчислювальний процесор, система орієнтації та інші допоміжні системи.

Навігаційний супутник випромінює радіосигнали на частотах L1 та L2. Сигнал діапазону L1 модулюється далекомірними кодами та навігаційним повідомленням. Сигнал діапазону L2 містить лише далекомірні коди.

Наразі розроблено понад 500 типів апаратури споживача для повітряної, морської, наземної навігації, геодезії та інших цілей.

Апаратуру споживача, призначену до виконання геодезичних робіт, називають супутникової геодезичної апаратурою.

Комплект кожного приймача включає наступні блоки: антену, приймач, контролер (керівний пристрій), а також допоміжне приладдя: блок живлення (для зарядки акумуляторів), акумулятори або батареї, кабелі, штативи, вішки для встановлення антени, контейнер для перенесення, рулетку та пр. Обробка супутникових вимірювань здійснюється на комп'ютері за допомогою відповідного програмного забезпечення [7, С. 403].

Найбільшого поширення в Україні набули супутникові приймачі наступних фірм: «Ashtech Inc», «Trimble Navigation», «Javad» (США), «Leica AG» (Швейцарія), «Desant Sersel» (Франція), «Geotronics AB» (Швеція).

Приймачі, що працюють за сигналами супутникових навігаційних систем, розрізняються за такими показниками: числу частот, що приймаються (одно-частотні, дво-частотні); числу каналів обробки; виду сигналів, що приймаються і оброблюються (кодові, кодово-фазові); типам супутникових систем.

Одно-частотні приймачі здійснюють збирання даних на частоті L1. Дво-частотні отримують додатковий обсяг даних за частотою L2,

що дозволяє підвищити точність координатних визначень (дві частоти забезпечують суттєве зниження впливу іоносферної рефракції), скоротити час спостережень, забезпечити передачу координат великі відстані та інших.

Каналом супутникового приймача є частина приймального електронного тракту, що забезпечує прийом одного сигналу частоти одного супутника.

Безумовно, що більше каналів, то краще. Це особливо важливо для приймачів GPS, які є досить ефективними при роботі в місцях з обмеженою видимістю небесної сфери (кварталах міської забудови, лісу, кар'єрах тощо).

При автономних абсолютних визначеннях встановлюють координати точки, що визначається, одним приймачем в системі координат, віднесеної до центру мас Землі (GPS), незалежно від результатів вимірювань на інших пунктах. Для цього вирішується просторове лінійне засічення за кодовими псевдодальностями до 4 і більше навігаційних систем. Точність місцезнаходження в цьому випадку не перевищує 5 м., тому автономні визначення широко використовуються в навігації. У геодезії вони використовуються для визначення наближених координат пунктів [9, С. 184].

Для підвищення точності визначення абсолютних координат рівня 0,5–1 м використовують диференціальні супутникові вимірювання. Вони, на відміну автономних, псевдодальності до супутників вимірюють одночасно з двох станцій. Базова (опорна) станція, встановлюється на пункті з відомими координатами прийнятої системи координат. Пересувна (мобільна) станція розміщується на пункті, що визначається.

На базовій станції за результатами вимірювань формуються диференціальні виправлення, які передаються на пересувну станцію. Формування диференціальних поправок може здійснюватися двома шляхами:

– Як різниця відомих та виміряних координат базової станції. Вона додається до координат пересувної станції. І тут обидві станції повинні спостерігати однаково сузір'я навігаційних систем.

– Як різницю між виміряними псевдодальностями та відстанями, обчисленими за координатами базової станції та навігаційних систем. Ці виправлення передаються на пересувну станцію для корекції вимірювань.

Основна ідея диференціального режиму – виключення систематичних помилок, загальних для базової та пересувної станцій. В ідеалі необхідно, щоб вимірювання на базовій та пересувній станціях проводилися одночасно і в одній точці. Рознесення вимірювань у часі та у просторі знижує потенційну точність диференціальних супутникових визначень [13, С. 324].

Поправки вводять або після вимірювань при постобробці або передають додатковому цифровому радіоканалу і враховують в ході вимірювань в реальному часі. У нашій країні ведуться роботи зі створення мережі станцій диференціальних визначень, що постійно діють, що дозволить виконувати координатні визначення одним приймачем.

Диференціальні станції обчислюють поправки, передані споживачеві у часі. За заявкою споживачів передаються і результати безпосередніх спостережень, що дозволяє реалізувати відносні методи супутникових визначень.

У відносних методах визначають збільшення просторових прямокутних координат A_X , A_Y , A_Z між двома пунктами в прийнятій системі координат шляхом проведення на цих пунктах синхронних псевдодальномірних (як кодових, так і фазових) вимірювань до навігаційних систем за допомогою супутникової геодезичної апаратури. Оскільки за визначенням $D = \sqrt{A_X^2 + A_Y^2 + A_Z^2}$ можна стверджувати, що у відносних методах визначаються також і похилі дальності D .

Існують два різновиди відносних визначень. У першому збільшенні координати – різниця абсолютних координат, що визначаються синхронно по тому самому сузір'ю навігаційних систем [2, С. 618].

Очевидно, що в цьому випадку обидва пункти є рівноправними і будь-який можна прийняти за вихідний.

Другий різновид відносних визначень полягає у спільній обробці вимірювань, виконаних на обох пунктах. Для виключення систематичних помилок супутникового сигналу утворюються перші, другі та треті різниці фаз.

Супутникова геодезична апаратура передбачає можливість роботи в режимах «Статика», «Швидка статика», «Реокупація», «Кінематика», «Стій-іди».

У статичних методах стаціонарні спостереження виконуються нерухомими приймачами. Один із приймачів приймається за базовий. Усі станції, становище яких визначається щодо базової станції, вважаються пересувними. Будь-яка з них, положення якої визначено з необхідною точністю, може бути використана як базова для створення наступних фрагментів геодезичної мережі.

Спостереження в режимі «Статика» виконуються, як правило, на великих відстанях (понад 15 км). Час спостережень залежить від довжини базової лінії, числа навігаційних систем, що спостерігаються, геометричного фактору, стану іоносфери і тропосфери, необхідної точності тощо. Спостереження зазвичай становить не менше 1 години.

Тривалість спостережень можна скоротити, якщо використовувати режим «Швидка статика», в якому застосовуються активні алгоритми розв'язання неоднозначності. Його зазвичай використовують на лініях до 15 км. Тривалість спостереження становить 5–20 хвилин. Спеціальний індикатор контролера повідомляє про досягнуту точність та можливість переходу на наступний пункт. Цей режим зручний для розвитку мереж згущення, створення самостійних локальних мереж, знімальних мереж.

Режим «Реокупація» використовується, коли на пункті неможливо спостерігати необхідну кількість супутників. Для цього спостереження на пункті виконуються двічі та більше. Наприклад, чотири одночасні виміри псевдодальностей до 4 навігаційних систем можна замінити на два послідовних виміри, розділені за часом, по двох супутниках, або на 4 послідовні по одному супутнику. Зазвичай оператор проводить вимірювання на пункті, що визначається, протягом 10 хвилин, потім не менше ніж через 1,5 години проводить повторні спостереження тієї ж тривалості. На етапі комп'ютерної обробки всі зібрані дані поєднують для вироблення одного рішення.

Режим «Кінематика» передбачає визначення координат пересувної станції під час її переміщення. Але він вимагає, щоб приймач утримував захоплення супутників протягом усього часу переміщення. Вимірювання починають у пунктах ініціалізації. Мета ініціалізації – вирішити неоднозначність фазових вимірів.

Для підвищення точності координатних визначень часто пересувну станцію переміщують з точки на точку, виконуючи на кожному вимірі протягом 5-30 секунд. За цей час відбувається накопичення кількох епох вимірів.

Такий різновид кінематичного режиму називають «Стій-іди». Вона використовується при виконанні топографічних та кадастрових зйомок.

Для використання технологій супутникових координатних визначень необхідне забезпечення видимості на момент вимірів по лінії супутник – антена приймального пристрою. На практиці забезпечити таку видимість часто не вдається. Тому для вирішення геодезичних завдань актуальним стає комплексне використання супутникової апаратури та традиційних геодезичних засобів (світлодолямірів, теодолітів, нівелірів, електронних тахеометрів тощо) [5, С. 103].

Найбільш ефективним є використання супутникових приймачів з електронними тахеометрами. Це зумовлено рядом причин. Тахеометри є універсальними геодезичними приладами. Вони призначені для вимірювання кутів та відстаней. У результаті вимірювань тахеометром автоматично вводяться поправки за метеоумови (причому окремі тахеометри самі визначають температуру і тиск), за приведення довжин ліній до площини горизонту та ін. та інших величин. Час виконання комплексу вимірів (горизонтальний напрямок + вертикальний кут + відстань + виведення результату) становить кілька секунд. Більшість тахеометрів мають власну пам'ять, вбудований мікропроцесор та бібліотека програм для виконання геодезичних робіт.

Ряд сучасних тахеометрів дозволяє за допомогою спеціального відбивача виконувати вимірювання до невидимих точок (наприклад, через листя дерев), а також працювати з мікропризмінними наклейками. Електронні тахеометри (в їх далекомірній частині) та супутникова геодезична апаратура мають дві загальні ознаки: вони є фазовими пристроями та їх використовують для визначення лінійних величин: відстаней та різниць координат. Сучасні тахеометри та супутникові приймачі мають однакові формати запису польової інформації, взаємозамінні карти пам'яті [6, С. 122].

Можлива також автоматизована передача польових вимірювань пакет спільної обробки з подальшою передачею результатів вимірювань в бази даних геоінформаційних систем.

Можливе використання супутникової геодезичної апаратури та традиційних геодезичних засобів за такими напрямками: 1. На одній частині об'єкта геодезичні побудови виконуються супутниковими

методами, на іншій – традиційними методами. Супутникові та традиційні методи не мають між собою жодних зв'язків. 2. Супутникові та традиційні геодезичні побудови пов'язані між собою. При цьому можливі три варіанти зв'язків: – розвиток мережі традиційними методами від пунктів, визначених супутниковими приймачами; – розвиток мережі супутниковими методами від пунктів, визначених традиційними геодезичними засобами та методами; – ступінчастий розвиток мереж, при якому супутникові та традиційні виміри чергуються між собою. 3. Супутникові та традиційні геодезичні вимірювання використовуються для спільного вирішення деяких типових завдань топографо-геодезичного виробництва (наприклад, пошук центрів пунктів, застосування електронних тахеометрів для визначення елементів центрування при супутникових вимірюваннях тощо). Традиційними методами визначення планових координат пунктів є: триангуляція, полігонометрія, трилатерація, лінійно-кутові мережі, засічки. При виборі методу враховуються необхідна точність координатних визначень, терміни виконання робіт, характер місцевості та стан вихідної геодезичної основи в районі виконання робіт, прогноз погоди, умови видимості та інше [12, С. 34].

Технології супутникових координатних визначень, маючи перед традиційними суттєві переваги (вищу точність та оперативність, можливість виконання геодезичних побудов без наявності взаємної видимості між пунктами) мають і певні недоліки. Це насамперед необхідність забезпечення видимості на момент вимірювань по лінії «супутник-антена супутникової апаратури». У багатьох випадках такої видимості забезпечити не вдається. Тому актуальним стає комплексне використання для побудови локальних геодезичних мереж супутникової апаратури та традиційних геодезичних засобів (світлодолярів, теодолітів, електронних тахеометрів). Найбільш ефективним є використання супутникової апаратури з електронними тахеометрами, які є універсальними геодезичними приладами. Спільне використання супутникового та традиційних геодезичних методів дозволяє зменшити кількість ступенів обґрунтування, а отже, підвищити точність геодезичного обґрунтування.

Складання технічного проекту має передувати підготовчий етап розробки технічного проекту, який полягає у збиранні та аналізі наступних матеріалів: топографічні карти та плани; відомостей про всі раніше виконані геодезичні роботи; картки прив'язки та списки

координат пунктів існуючої геодезичної мережі; довідки про системи координат; особливості району робіт (заліснення, поверховість будівель, водна поверхня, потужні радіо- та телевізійні передавачі тощо) [8, С. 150].

Технічний проект включає: текстову частину; графічні матеріали; кошторис витрат та розрахунки необхідних матеріалів.

У текстовій частині технічного проекту відображаються: підстава та мета виконання робіт; коротка фізико-географічна характеристика району робіт; відомості про топографо-геодезичну забезпеченість району робіт; відомості про раніше виконані роботи; характеристика трансформаційних пунктів, що використовуються для перетворення координат (координати, висоти, число щільність, взаємне становище по відношенню до визначених, площа фігури, що утворюється цими пунктами); обґрунтування технології геодезичних робіт; організація та строки виконання робіт; рекомендації з техніки безпеки та охорони праці; перелік матеріалів, що підлягають здачі після закінчення робіт.

Як основний графічний документ до технічного проекту прикладається проект геодезичної мережі, складений на топографічному плані (карті) або креслення, на якому відображають: пункти існуючої мережі; проєктовані пункти мережі; пункти мережі, прийняті в як трансформаційні для визначення параметрів перетворення координат; опорні та мобільні пункти супутникової геодезичної побудови; пункти супутникової побудови, довкола яких є перешкоди; супутникові, кутові, лінійні та інші дані для геодезичних вимірів.

Проєктування має виконуватися відповідно до чинних нормативних документів та інструкцій. У зв'язку із застосуванням останніми роками більш досконалих засобів вимірювань, відсутністю нормативних документів щодо їх використання, а також відступом в силу місцевих причин від нормативних вимог до довжин сторін, величин кутів, довжинам ходів тощо, оцінку проєктів геодезичних побудов можна здійснити на ЕОМ з використанням теорії корелатного або параметричного способів вирівнювання [5].

Висновки. Таким чином, на основі вищевикладеного можна зробити висновок, що геодезичне забезпечення вивчення геодинамічних та деформаційних процесів, будівництва, монтажу та експлуатації інженерних та сільськогосподарських споруд,

метрологічної атестації сучасної вимірювальної техніки, міського кадастру та вирішення інших завдань здійснюється на основі побудови локальних геодезичних мереж. Як показує аналіз, вимоги до точності, щільності, стабільності центрів, пунктів, складу вимірювальної інформації надзвичайно різноманітні. Це зумовлюється різноманітністю завдань, які вирішуються за допомогою локальних геодезичних мереж.

Побудова локальних геодезичних мереж ґрунтується на лінійних, кутових, а останнім часом і супутникових вимірах. При цьому в більшості випадків виникає необхідність реконструкції існуючих мереж, пункти яких, у багатьох випадках, встановлені в місцях, де не забезпечуються сприятливі умови радіобачення навігаційних систем. На цій підставі перспективи розвитку локальних геодезичних мереж пов'язані з комплексним використанням супутникових та наземних вимірювань. На основі аналізу сучасного стану побудови локальних геодезичних мереж та сучасних геодезичних приладів (супутникових приймачів та електронних тахеометрів) розроблено основні принципи побудови локальних мереж геодезичного призначення на основі поєднання супутникових та наземних технологій.

Цим технологіям притаманні всі переваги супутникових засобів та методів: не потрібна взаємна видимість між суміжними пунктами, оптимальна з погляду подальшого використання розташування пунктів, всепогодність, високий ступінь автоматизації польових та камеральних робіт та ін. Поєднання супутникових та наземних засобів та методів дає нові переваги. Серед них відзначимо: визначення координат пунктів у місцях, де неможливо виконати супутникові виміри; підвищення точності координатних визначень за рахунок збільшення числа надлишкових вимірів та більш високої у ряді випадків точності традиційних вимірів (наприклад, на коротких відстанях точність таких вимірів вище за супутникові); можливість виявлення помилок систематичного характеру з допомогою використання вимірів різного виду; оперативне визначення помилок у координатах існуючої мережі та їх виключення із спільної обробки; можливість виконання вимірювань у стислий термін (що особливо важливо при побудові локальних геодезичних мереж) та ін. Ефективне застосування даної технології може бути в районах з низькою щільністю вихідних пунктів.

Застосування означеної технології дозволить зменшити кількість ступенів обґрунтування, а значить підвищити його точність. Складовими елементами запропонованої технології є: проектування спільних супутникових та традиційних геодезичних вимірів; рекогносцювання та уточнення проекту, польові виміри: супутникові, лінійні, кутові та інші; математична обробка: первинна та попередня обробка, координатні перетворення, зрівняльні обчислення, імовірнісні розрахунки.

1. Баран К. О., Буряк, В. Я., Ковтун А. П., Сухіна К.Р., Третяк П. І. Інженерно-геодезичні роботи в Україні. *Вісник геодезії та картографії*. 2011. No 5 (74). С. 19–26.
2. Баран П. І. Інженерна геодезія : монографія. Київ : ПАТ «Віпол», 2012. 618 с.
3. Білокриницький С. М. Топографія і геодезія : метод. посібник. Чернівці : Рута, 2001. 64 с.
4. Божок А. П. Топографія з основами геодезії : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 275 с.
5. Дорожко Є. В., Захарова Е. В., Саркісян Г. С., Міхно П. Б. Обґрунтування доцільності єдиноформатної технології автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань : посіб. Київ : *Технічні науки та архітектура*. 2021. С. 103–107.
6. Кухар М. А., Доброходова О. В., Євдокімов А. А., Мироненко М. Л. Можливості сучасного електронного геодезичного обладнання та тенденції його розвитку. *Комунальне господарство міст. Сер. Технічні науки та архітектура*. 2021. Вип. 164. Том 4. С. 122–127.
7. Мамонов К. А. Територіальний розвиток використання земель регіону: напрями та особливості оцінки : монографія. Харків : нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 403 с.
8. Міхно П. Б. Проблеми застосування традиційних інженерно-геодезичних технологій в Україні в сучасних умовах. *Технічні та економічні рішення з протидії глобальним викликам : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (17–20 вересня 2020 р., Кременчук)*. Кременчук : Колос, 2020. С. 150–154.
9. Неумивакин Ю. К., Перський М. К. Земельно-кадастрові геодезичні роботи : посіб. Київ : Колос, 2006. 184 с.
10. Петрович Л. М., Волосецький Б. І. Основи кадастру : навч. посіб. Львів : ЛАГТ, 2000. 128 с.
11. Ранський М. П. Геодезичні роботи в землевпорядкуванні : метод. посіб. Чернівці : Рута, 2007. С. 4–8.
12. Таратула Р. Б. Теоретичні засади формування та функціонування земельно-інформаційної системи. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. Економічні науки*. 2017. Вип. 24. Частина 2. С. 34–38.
13. Хохлов Г. П. Теорія і практика розрахунку й оцінки точності інженерно-геодезичних вимірювань : монографія. Кременчук : КрНУ, 2017. 324 с.
14. Чижмаков А. Ф. Геодезія : навч. посіб. Київ : Надра, 1977. 342 с.

REFERENCES:

1. Baran K. O., Buriak, V. Ya., Kovtun A. P., Sukhina K.R., Tretiak P. I. Inzhenerno-heodezychni roboty v Ukraini. *Visnyk heodezii ta kartohrafii*. 2011. No 5 (74). S. 19–26.
 2. Baran P. I. Inzhenerna heodeziia : monohrafiia. Kyiv : PAT «Vipol», 2012. 618 s.
 3. Bilokrynytskyi S. M. Topohrafiia i heodeziia : metod. posibnyk. Chernivtsi : Ruta, 2001. 64 s.
 4. Bozhok A. P. Topohrafiia z osnovamy heodezii : pidruchnyk. Kyiv : Vyshcha shkola, 1995. 275 s.
 5. Dorozhko Ye. V., Zakharova E. V., Sarkisian H. S., Mikhno P. B. Obgruntuvannia dotsilnosti yedynofornatnoi tekhnolohii avtomatyzovanoi obrobky rezultativ heodezychnykh vymiriuvan : posib. Kyiv : *Tekhnichni nauky ta arkhitektura*. 2021. S. 103–107.
 6. Kukhar M. A., Dobrokhodova O. V., Yevdokimov A. A., Myronenko M. L. Mozhlyvosti suchasnoho elektronnoho heodezychnoho obladnannia ta tendentsii yoho rozvytku. *Komunalne hospodarstvo mist. Ser. Tekhnichni nauky ta arkhitektura*. 2021. Vyp. 164. Tom 4. S. 122–127.
 7. Mamonov K. A. Terytorialnyi rozvytok vykorystannia zemel rehionu : napriamy ta osoblyvosti otsinky : monohrafiia. Kharkiv : nats. un-t misk. hosp-va im. O. M. Beketova. Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2020. 403 s.
 8. Mikhno P. B. Problemy zastosuvannia tradytsiinykh inzhenerno-heodezychnykh tekhnolohii v Ukraini v suchasnykh umovakh. *Tekhnichni ta ekonomichni rishennia z protydii hlobalnym vyklykam* : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (17–20 veresnia 2020 r., Kremenchuk). Kremenchuk : Kolos, 2020. S. 150–154.
 9. Neumyvakin Y. K., Perskyi M. K. Zemelno-kadastrovi heodezychni roboty : posib. Kyiv : Koloss, 2006. 184 s.
 10. Petrovych L. M., Volosetskyi B. I. Osnovy kadastru : navch. posib. Lviv : LAHT, 2000. 128 s.
 11. Ranskyi M. P. Heodezychni roboty v zemlevporiadkuvanni : metod. posib. Chernivtsi : Ruta, 2007. S. 4–8.
 12. Taratula R. B. Teoretychni zasady formuvannia ta funktsionuvannia zemelno-informatsiinoi systemy. *Naukovi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Ser. Ekonomichni nauky*. 2017. Vyp. 24. Chastyna 2. S. 34–38.
 13. Khokhlov H. P. Teoriia i praktyka rozrakhunku y otsinky tochnosti inzhenerno-heodezychnykh vymiriuvan : monohrafiia. Kremenchuk : KrNu, 2017. 324 s.
 14. Chyzhnikov A. F. Heodeziia : navch. posib. Kyiv : Nadra, 1977. 342 s.
-

Borovyi V. O., Doctor of Engineering, Professor, Braslavskaya O. V., Doctor of Pedagogic Sciences, Professor, Maksutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Pavlo Tychna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region)

DEVELOPMENT OF JOINT APPLICATION TECHNOLOGY SATELLITE AND TRADITIONAL MEANS AND METHODS CONSTRUCTION OF LOCAL GEODESIC NETWORKS

The article discusses the main stages and features of the development of technologies for the joint use of satellite and traditional means and methods of building local geodetic networks. It has been established that the urgent task today is the development of the basic principles of joint use of satellite and traditional geodetic measurements in the form of a technological scheme that includes a full range of field and camera work.

The scientific novelty of the research carried out lies in the fact that a number of elements of the general technological scheme for the integrated use of satellite and traditional geodetic tools and methods in the construction of local geodetic networks, in particular, coordinate transformations, probabilistic calculations, etc., have been proposed and justified. Algorithms for transforming the coordinates of points and their derivatives from system to system, the transformation matrices of which are expressed in functions of the coordinates of different systems. As a result of the research, new solution algorithms were obtained typical geodetic problems in functions of the coordinates of different systems: distance reduction, determination of the scale and convergence of meridians in the Gauss-Kruger projection, calculation of slant ranges from coordinate increments, equalization of the spatial trilateration network with the expression of slant ranges in functions of coordinates of different systems, etc. The reliability of the research results is confirmed numerical and natural experiments.

The practical significance of the study lies in the fact that the proposed technology will improve the accuracy and reliability of constructing local geodetic networks, reduce the cost of money and time for performing work.

It has been proven that increasing the efficiency of building local geodetic networks can be achieved due to the complex use of satellite and traditional means and methods. In this connection, many questions arise regarding the organization and joint use of satellite and traditional means and methods of building local geodetic networks.

***Keywords:* geodetic works; local geodetic network; topographic and cartographic materials; topographic and geodetic research; camera work; satellite and traditional means and methods of measurements.**

Боярин М. В., к.геогр.н., доцент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, mariasun140314@gmail.com <http://orcid.org/0000-0001-9822-5897>)

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ СТИР ЗА МАКРОФІТНИМ ІНДЕКСОМ MIR

Південну частину водогосподарського комплексу Волинської області та західну частину Рівненської області становить басейн річки Стир, що має значний ступінь освоєння, а для відновлення та збереження оптимального екологічного стану річкового басейну необхідним є дотримання стратегічних принципів раціонального природокористування. У роботі подано екологічну оцінку якості води за станом макрофітів, Для визначення екологічного стану річок басейну Стиру та для проведення досліджень було закладено чотири тестові ділянки довжиною не менше 100 м кожна. На тестових ділянках р. Стир під час досліджень було виявлено 48 видів вищих водних та прибережно-водних рослин, усі види належать до відділу *Magnoliophyta*.

Для визначення MIR (*Макрофітового індексу річок*) на тестових ділянках русла було відібрано 35 індикаторних видів макрофітів. На усіх тестових ділянках русла річки Стир виявлено види макрофітів для яких характерним є практично однаковий відсоток проективного покриття : *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Myosotis scorpiodes* L., *Acorus calamus* L. Окрім того, зафіксовано види макрофітів, як зустрічаються лише на одній із тестових ділянок: на тестовій ділянці № 3 (с. Маюничі) виявлено види макрофітів: *Lysimachia nummularia* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Scirpus sylvaticus* L.; на тестовій ділянці № 4 (сміт Зарічне) виявлено вид *Carex acutiformis* Ehrh. Згідно класифікації річка Стир належить до водотоків низинних, з типом макрофітів – М–VIII (річки органічні). В результаті розрахованого Макрофітового індексу річок (MIR) встановлено, що якість води у річці Стир на тестових ділянках № 1 (с. Щуровичі) та № 3. (с. Маюничі) має добрий екологічний стан MIR становить відповідно 36,1–40,6; на тестових ділянках № 2 (м. Луцьк) та № 4

(смт Зарічне) якість поверхневих вод є задовільною або помірною, а екологічний стан (MIR) становить відповідно – 36,1 та 33,57.

Ключові слова: Русло річки; макрофіти; екологічний стан річок; індекс макрофітів; індикаторні види макрофітів.

Постановка проблеми. Басейн річки, а в його межах водозбори малих річок, є цілісною екологічною, гідрологічною і господарською одиницею з чіткими межами та комплексом природних умов. Підвищення стійкості геосистеми річкового басейну неможливе без проведення моніторингових спостережень за динамікою стану природних ресурсів і чинниками негативного впливу. Південну частину водогосподарського комплексу Волинської області та західну частину Рівненської області становить басейн річки Стир, що має значний ступінь освоєння, а для відновлення та збереження оптимального екологічного стану річкового басейну необхідним є дотримання стратегічних принципів раціонального природокористування, тому тема є актуальною [2; 7; 8]. Мета дослідження – оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Стир за Макрофітною методикою MMOR та визначення видового складу водних та прибережно-водних рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні дослідження видового складу макрофітів проводяться в «Українському науково-дослідному інституті екологічних проблем» та спираються на методику (MMOR), науковцями Васенко О.В., Коробковою Г.А., обґрунтовано можливості використання угруповань водних макрофітів для оцінки екологічного стану річок лісостепової та степової фізико-географічних зон України [9]. Подібні дослідження, що стосуються оцінки екологічного стану екосистем басейну Прип'яті за вищими рослинами, проводили Клименко М. О. та Гроховська Ю. Р. [7; 8]. Значний внесок у дослідження водних ресурсів басейну р. Стир зокрема, зробили Клименко М. О., Вознюк Н. М., Копилова О. М. [8; 10; 11]. Дослідженню особливостей розташування та господарського використання природних ландшафтів басейну річки Стир, характеристики осушувальних системи, дослідження якості води, оцінку антропогенного навантаження та екологічної збалансованості ландшафтів басейну р. Стир вивчали Вознюк Н. М., Копилова О. М. Буднік З. М. [4; 6].

Дослідження екологічного стану р. Стир за станом макрофітів з допомогою Макрофітної методики оцінки річок (MMOR) раніше не

проводились, проте у Волинській області було оцінено екологічний стан верхів'я річки Прип'ять та її приток Турії, Вижівки, Циру, Стоходу. Під час польових досліджень було виявлено індикативні види водних і прибережно-водних рослин, проведено аналіз екологічного стану річок індексом макрофітів [1; 16; 17; 18]. Окрім того, на території Волинської області проводились дослідження із застосуванням методики оцінки річок (MMOR) екологічного стану поверхневих вод приток р. Західний Буг – річок Луга і Студянка.

Методи досліджень. Польська методика оцінки екологічного стану річок (Makrofitowa Metoda Oceny Rzek (MMOR)) базується на англійській методиці Mean Trophic Ranc (MTR) та французькій методиці Indice Biologique Macrophytique Riviere (IBMR) [19; 20], які протягом тривалого періоду застосовувалися для проведення наукових досліджень. Вперше вона була описана у 2006 році, а у 2010 році опублікована у формі підручника. Методика заснована на визначенні кількісних і якісних показників оцінки водних та прибережних макрофітів, представлених на досліджуваному відрізку водного об'єкту. Спираючись на результати дослідження видового складу макрофітів, визначають показник Makrofitowy Indeks Rzeczny (MIR), який дозволяє здійснити оцінку екологічного стану у відповідності з Водною Рамковою Директивою ЄС [14; 19].

Для визначення екологічного стану річки Стир та для проведення досліджень було закладено чотири тестові ділянки русла річки, кожна довжиною не менше 100 м. Перша тестова ділянка русла річки Стир розташована в с. Щуровичі (фоновий створ, верхня течія річки), друга – у м. Луцьк, 500 м нижче випуску КОС «Луцькводоканалу» (контрольний створ, вплив скиду стічних вод КОС «Луцькводоканалу», середня частина русла річки.), третя – у с. Маюничі (контрольний створ, вплив сільськогосподарської освоєності басейну, середня частина русла річки), четверта – смт Зарічне (контрольний створ, нижня течія річки).

Для визначення MIR (*Макрофітового індексу річок*) було відібрано 35 індикаторних видів макрофітів, які належать до відділу Magnoliophyta.

Виконані на території річкового басейну натурні дослідження дозволяють обрахувати *Макрофітовий індекс річок* (MIR), що виконаний за формулою [12; 19]:

$$MIR = \frac{\sum (L_i \times W_i \times P_i)}{\sum (W_i \times P_i)} \times 10,$$

де MIR – макрофітовий індекс річок; L_i – кількісне значення показника для вказаного виду; W_i – ваговий коефіцієнт для виду i ; P_i – коефіцієнт покриття вказаного виду у 9 –ти ступеневій шкалі.

Показник MIR може бути обчислений у межах від 10 (найбільш деградовані річки) до 100 (дуже добрий екологічний стан). У випадку низинних річок найвищий показник MIR не може перевищувати 60. Під час проведення обчислення використовується 151 індикаторний вид макрофітів. У методиці наведені граничні значення індексу MIR для 5 класів екологічного стану для кожного макрофітового типу річок розробленого згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС [9; 12; 14; 19], де кожен клас екологічного стану вод відповідає стану : дуже доброму, доброму, помірному або задовільному, поганому і дуже поганому. Класифікація досліджуваних тестових ділянок річки Прип'ять відбувається шляхом порівняння обрахованого індексу MIR до показників класифікації, що відповідає типу річки (низинної, височинної або гірської) та відображено у табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація показника MIR для визначення екологічного стану річок [12; 19].

Тип макрофітів		Тип водотоку	Екологічний стан				
			Дуже добрий	Добрий	Помірний	Поганий	Дуже поганий
М-1	Водотоки альпійські	Водотоки височинні та гірські	≥65,6	(65,6–50,7)	(50,7–38,8)	(38,8–24,0)	<24,0
М-II	Річки кремнієві		≥61,8	(61,8–48,1)	(48,1–37,0)	(37,0–23,3)	<23,3
М-III	Річки карбонатні		≥55,4	(55,4–42,0)	(42,0–31,4)	(31,4–18,0)	<18,0
М-IV	Водотоки височинні характеру низинного		≥48,3	(48,3–37,7)	(37,7–27,0)	(27,0–16,4)	<16,4
М-V	Великі річки височинні		≥46,5	(46,5–37,8)	(37,8–29,0)	(29,0–20,3)	<20,3

продовження табл. 1

М-VI	Річки піщані	Водотоки низинні	≥46,8	(46,8–36,6)	(36,6–26,4)	(26,4–16,1)	<16,1
М-VII	Річки кам'янисто-гравійні		≥47,1	(47,1–36,8)	(36,8–26,5)	(26,5–16,2)	<16,2
М-VIII	Річки органічні		≥44,5	(44,5–35,0)	(35,0–25,4)	(25,4–15,8)	<15,8
М - IX	Великі річки низинні		≥44,7	(44,7–36,5)	(36,5–28,2)	(28,2–20,0)	<20,0

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до «Переліку водогосподарських ділянок у межах річкових басейнів та суббасейнів згідно з гідрографічним районуванням території України 2016 року» р. Стир – права притока довжиною 483 км та площею басейну – 13130 км², що відноситься до суббасейну річки Прип'ять М5.1.4 з територіальним розподілом на три водогосподарські ділянки р. Стир від витоків до кордону Рівненської та Волинської областей М5.1.4.42, р. Стир у межах Волинської області М5.1.4.43, р. Стир від кордону Волинської та Рівненської областей до державного кордону М5.1.4.44 [15]. Та відповідно до Методики визначення масивів поверхневих та підземних вод басейн р. Стир відповідає коду UA_R_16_L_1_Si, UA_R_16_XL_1_Si та UA_R_16_XL_1_0 [4; 5].

Річка бере початок біля с. Видри Бродівського району Львівської області протікає по території 4 областей та біля гирла Стубли, розгалужується на два рукави – р. Простир, завдовжки 18 км (впадає в Прип'ять, 551 км від гирла); правий, другорядний рукав – р. Старий Стир, завдовжки 75 км (впадає в Прип'ять, 491 км від гирла). Русло слабо звивисте, місцями у верхній та середній течії сильно звивисте, а біля гирла пряме. У верхній течії річка вузька (шириною від 2–3 до 10–20 м), у середній і нижній – розширюється до 30–50 м. Найбільша ширина річки 100 м (с. Стара Рафалівка). Глибина на перекатах становить 0,5–1,5 м, на плесах 2,0–3,5 м, в окремих ямах до 6,7–8,6 м. Переважна швидкість течії 0,2–0,5 м/сек, на деяких перекатах досягає 0,9–1,0 м/сек. Загальний напрям течії північно/північно-східний. Дно переважно рівне, піщане, на плесах – мулисто-піщане, на окремих перекатах нерівне, кам'янисте. Береги заввишки від 1 до 3 м, місцями можуть крутими та досягати висоти 10–15 м [4; 5; 6]. Стир належить до середніх річок.

Дослідження екологічного стану річки Стир за макрофітами, у

межах тестових ділянок русла річки, нами проводились протягом травня – серпня 2023 року.

Було закладено 4 тестові ділянки, кожна довжиною не менше 100 м (табл. 2), а у результаті проведених польових досліджень виявлено особливості розподілу, видовий склад макрофітів [9; 12; 19] (в тому числі індикаторних видів), проєктивне покриття кожного виду на тестових ділянках, що відображено в табл. 3.

Таблиця 2

Тестові ділянки фітоіндикаційних досліджень та репрезентативні створи для відбору проб води річки Стир

№ діл.	Адміністративне місцезнаходження тестової ділянки	Відстань від гирла річки, км	Обґрунтування репрезентативності
р. Стир			
1	с. Щуровичі	53,3	Фоновий створ, верхня течія річки.
2	м. Луцьк, 500 м нижче випуску КОС «Луцькводоканалу»	150,1	Контрольний створ, вплив скиду стічних вод КОС «Луцькводоканалу», середня частина русла річки.
3	с. Маюничі	267,6	Контрольний створ, вплив сільськогосподарської освоєності басейну, середня частина русла річки.
4	сmt. Зарічне	339,8	Контрольний створ, нижня течія річки.

Таблиця 3

Якісна та кількісна характеристика макрофітів верхів'я річки Стир [9; 12; 19]

№	Вид макрофітів	L _i	W _i	Коефіцієнт покриття (P) на тестових ділянках			
				с. Щуровичі	м. Луцьк	с. Маюничі	сmt. Зарічне
1	<i>Cicuta virosa</i> L.	6	2	3		3	3
2	<i>Sium latifolium</i> L.	7	1	4	3		
3	<i>Bidens tripartita</i> L.			3			
4	<i>Myosotis scorpioides</i> L.	4	1	3	3	3	3
5	<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Bess.	3	1	3		3	3
6	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	2	3	6	5		3
7	<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	2	3		4		

продовження табл. 3

8	<i>Lycopus europaeus</i> L.				2	2	
9	<i>Mentha aquatica</i> L.	5	1		2	3	3
10	<i>Epilobium palustre</i> L.			2			
11	<i>Lythrum salicaria</i> L.			3			
12	<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith.	4	2	5	6	4	4
13	<i>Nymphaea alba</i> L.				2		
14	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarb.	3	1		2		
15	<i>Polygonum persicaria</i> L.	2	2	2			
16	<i>Rumex aquaticus</i> L.			1			
17	<i>Rumex crispus</i> L.			3	3		
18	<i>Lysimachia nummularia</i> L.					3	
19	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	4	1	5		2	
20	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	3	2		4	3	
21	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.					2	
22	<i>Acorus calamus</i> L.	2	3	5	5	3	
23	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	4	2		2		2
24	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	4	2	5	5		2
25	<i>Lemna minor</i> L.	2	2	7		3	4
26	<i>Lemna trisulca</i> L.	4	2	1		2	
27	<i>Lemna gibba</i> L.	1	3	2			
28	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid	2	2		1		4
29	<i>Butomus umbellatus</i> L.	5	2		1		
30	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	6	2		2	2	
31	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	5	2	6	6		
32	<i>Vallisneria spiralis</i> L.					2	2
33	<i>Stratiotes aloides</i> L.	6	2		4	4	
34	<i>Potamogeton lucens</i> L.	4	3		2		
35	<i>Potamogeton natans</i> L.	4	1	5	2		

продовження табл. 3

36	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	4	2			2	
37	<i>Iris pseudacorus</i> L.	6	2	3	3	2	
38	<i>Carex acuta</i> L.	5	1			2	2
39	<i>Carex riparia</i> Curtis	4	2			2	
40	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	4	1				2
41	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	5	2			2	
42	<i>Scirpus lacustris</i> L.	4	2		2	2	2
43	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	6	2		2		
44	<i>Juncus effuses</i> L.				1		
45	<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	3	1	4	5	4	2
46	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.			3			6
47	<i>Sparganium erectum</i> L.	3	1		2		
48	<i>Sparganium emersum</i> Rehm.	4	2		2		
	Всього видів: 48, 35 індикативних			22 всього, 21 індик.	27 всього, 24 індик.	22 всього, 19 індик.	15 всього, 14 індик.
	Значення MIR на тестових ділянках			36,1(II)	34,04 (III)	40,6 (II)	33,57 (III)

У складі флори річки Стир домінують Magnoliophyta – (48 видів), причому розподіл між *Magnoliopsida* та *Liliopsida* є відносно однаковим – 44,93% та 50,72% від загальної кількості видів.

На тестових ділянках р. Стир нами було виявлено 48 видів водних та прибережно-водних рослин, що належать до 3 відділів (Equisetophyta, Polipodiophyta та Magnoliophyta).

Користуючись даними щодо індикаторного значення видів [9; 12; 19], за результатами проведеного аналізу флористичного складу вищих водних і прибережно-водних рослин річки Стир, було виявлено, що 35 види мають індикативне значення (табл. 2). Серед них такі види: *Potamogeton crispus* L., *Sparganium erectum* L., *Rorippa amphibia* (L.), *Hydrocharis morsus-ranae* L., що є індикаторами евтрофних водойм, індикатор водойм з сильним евтрофуванням антропогенного походження – *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schied. Індикатор забруднених мезосапробних вод, багатих сполуками

нітрогену – *Lemna gibba* L., *Lemna minor* L., *Lemna trisulca* L.

Під час проведення досліджень на ділянці № 1 с. Щуровичі, було виявлено 22 види, із них 21 вид макрофітів – індикаторів екологічного стану. Серед них переважають прибережні рослини та рослини з плаваючим листям. Найбільше поширення та проективне покриття мають такі види : *Ceratophyllum demersum* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Acorus calamus* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Lemna minor* L., *Eloдея canadensis* Michx., та *Potamogeton natans* L.

У межах ділянки № 2 м. Луцьк (500 м після випусків очисних споруд) середня течія р. Стир, було виявлено 27 видів із них 24 види макрофітів – індикаторів екологічного стану. Тут представлені відносно рівномірно усі екологічні групи рослин – прибережні, занурені та з плаваючим листям. Найбільше поширення та проективне покриття мають такі види: *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Ceratophyllum demersum* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Acorus calamus* L., *Sagittaria sagittifolia* L.,

На ділянці № 3 с. Маюничі, було виявлено 22 види макрофітів, із них індикаторів екологічного стану – 19 видів, хоча тут збільшується кількість типових макрофітів боліт. Найбільше поширення та проективне покриття мають такі види: *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Stratiotes aloides* L.

На ділянці № 4 смт Зарічне, було виявлено 15 види макрофітів, із них індикаторів екологічного стану – 14 видів, тут також характерним є збільшується кількість типових макрофітів боліт, але зменшення кількості видів загалом. Найбільше поширення та проективне покриття мають такі види: *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Phragmites australis* (Cav.) Steud., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid, *Lemna minor* L.

На усіх тестових ділянках русла річки Стир виявлено види макрофітів для яких характерним є практично однаковий відсоток проективного покриття : *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Myosotis scorpioides* L., *Acorus calamus* L.

Окрім того, зафіксовано види макрофітів, як зустрічаються лише на одній із тестових ділянок. На тестовій ділянці № 1 с. Щуровичі виявлено: *Bidens tripartita* L., *Epilobium palustre* L., *Lythrum salicaria* L., *Polygonum persicaria* L., *Rumex aquaticus* L., *Lemna gibba* L. На тестовій ділянці № 2 м. Луцьк виявлено: *Ceratophyllum submersum* L., *Persicaria hydropiper* (L.) Delarb., *Butomus umbellatus* L., *Eleocharis*

palustris (L.) Roem. & Schult., *Juncus effuses* L., *Sparganium erectum* L., *Sparganium emersum* Rehm. Лише на тестовій ділянці № 3 с. Маюничі виявлено види макрофітів: *Lysimachia nummularia* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Scirpus sylvaticus* L. Та лише на тестовій ділянці № 4 біля смт. Зарічне виявлено вид *Carex acutiformis* Ehrh.

Результати розрахунків Макрофітового індексу річок (MIR), на підставі яких проводили оцінку екологічного стану поверхневих вод згідно методики MMOR відображено у табл. 4. В результаті розрахованого Макрофітового індексу річок (MIR) встановлено, що якість води у річці Стир на тестових ділянках № 1 (с. Щуровичі) та № 3. (с. Маюничі) мають добрий екологічний стан MIR становить відповідно : 36,1–40,6; а на тестових ділянках № 2 (м. Луцьк) та № 4 (смт Зарічне) мають задовільний або помірний екологічний стан MIR становить відповідно – 36,1 та 33,57. Згідно класифікації показника MIR для визначення екологічного стану річка Стир належить до водотоків низинних, з типом макрофітів – M-VIII (річки органічні).

Таблиця 4

Екологічний стан річки Стир за індексом макрофітів (MIR) [9; 12; 19]

Тестова ділянка русла річки	Індекс MIR	Екологічний стан
№ 1. с. Щуровичі (фоновий створ, верхня течія річки)	36,1(II)	Добрий
№ 2 м. Луцьк (Контрольний створ, вплив скиду стічних вод КОС «Луцькводоканалу», середня частина русла річки)	34,04 (III)	Задовільний або помірний
№3. с. Маюничі (Контрольний створ, вплив сільськогосподарської освоєності басейну, середня частина русла річки)	40,6 (II)	Добрий
№ 4. смт Зарічне (Контрольний створ, нижня течія річки)	33,57 (III)	Задовільний або помірний

У результаті проведеного дослідження виявлено, що задовільний екологічний стан річки відмічається у тих ділянках басейну які зазнають більшого антропогенного тиску точкових (полігони ТПВ та сміттєзвалищ, мулові майданчики очисних споруд каналізації міст та селищ) та дифузних джерел (стік забруднюючих речовин із сільськогосподарських угідь та селітебних територій, а також з площ, зайнятих відходами промислового виробництва,

сміттєзвалищами). Добрий екологічний стан річки відмічається у тих ділянках басейну де розташовано лісові масиви та лісовкриті землі, немає великих населених пунктів міського типу а переважають сільські та відповідно аграрні угіддя.

До основних негативних моментів, які впливають на гідроекосистему долини річки Стир є замулення, яке пов'язане з ерозією на водозборі; забруднення; зарегулювання; спрямлення; погіршення самоочисної здатності водойми. Також екологічні проблеми в долині річки Стир створюють паводки і повені.

Висновки. На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1) Річка Стир – права притока Прип'яті, довжиною 483 км та площею басейну – 13130 км², що відноситься до суббасейну М5.1.4 з територіальним розподілом на три водогосподарські ділянки р. Стир від витoku до кордону Рівненської та Волинської областей М5.1.4.42, р. Стир у межах Волинської області М5.1.4.43, р. Стир від кордону Волинської та Рівненської областей до державного кордону М5.1.4.44. Та відповідно до Методики визначення масивів поверхневих та підземних вод басейн р. Стир відповідає коду UA_R_16_L_1_Si, UA_R_16_XL_1_Si та UA_R_16_XL_1_O.

2) Дослідження екологічного стану річки Стир за макрофітами, у межах тестових ділянок русла річки, проводились протягом травня – серпня 2023 року. Було закладено 4 тестові ділянки, кожна довжиною не менше 100 м, а у результаті проведених польових досліджень виявлено особливості розподілу, видовий склад макрофітів (в тому числі індикаторних видів) та проєктивне покриття кожного виду на тестових ділянках.

На тестових ділянках р. Стир нами було виявлено 48 видів, з яких 35 індикативні, водних та прибережно-водних рослин, що належать до 3 відділів (Equisetophyta, Polipodiophyta та Magnoliophyta). На усіх тестових ділянках русла річки Стир виявлено види макрофітів для яких характерним є практично однаковий відсоток проєктивного покриття : *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Myosotis scorpiodes* L., *Acorus calamus* L. Окрім того, зафіксовано види макрофітів, як зустрічаються лише на одній із тестових ділянок: на тестовій ділянці № 1 (с. Щуровичі) виявлено: *Bidens tripartita* L., *Epilobium palustre* L., *Lythrum salicaria* L., *Polygonum persicaria* L., *Rumex aquaticus* L., *Lemna gibba* L. ; на тестовій ділянці

№ 2 (м. Луцьк) виявлено: *Ceratophyllum submersum* L., *Persicaria hydropiper* (L.) Delarb., *Butomus umbellatus* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Juncus effuses* L., *Sparganium erectum* L., *Sparganium emersum* Rehm; лише на тестовій ділянці № 3 (с. Маюничі) виявлено види макрофітів: *Lysimachia nummularia* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Scirpus sylvaticus* L.; на тестовій ділянці № 4 (с.мт Зарічне) виявлено вид *Carex acutiformis* Ehrh.

3. Згідно класифікації річка Стир належить до водотоків низинних, з типом макрофітів – М-VIII (річки органічні). В результаті розрахованого Макрофітового індексу річок (MIR) встановлено, що якість води у річці Стир на тестових ділянках № 1 (с. Щуровичі) та №3. (с. Маюничі) мають добрий екологічний стан MIR становить відповідно 36,1–40,6; на тестових ділянках № 2 (м. Луцьк) та № 4 (с.мт Зарічне) якість поверхневих вод є задовільною або помірною, а екологічний стан (MIR) становить відповідно - 36,1 та 33,57.

1. Боярин М. В., Цьось О. О., Волошин В. У. Екологічний стан річки Сапалаївка в умовах урбосистеми м. Луцьк. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Сер. Екологія.* Х., 2020. Вип. 23. С. 21–29. URL: <http://dx.doi.org/10.26565-1992-4249-2020-23-02> (дата звернення: 10.08.2023). 2. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія й практика : навч. посіб. Луцьк : Вежа–Друк, 2016. 364 с. 3. Бедункова О. О., Статник І. І., Боярин М. В. Вибір індикаторів моніторингу якості поверхневих вод річки Случ. *Водні біоресурси та аквакультура.* 2023. Вип. 1. С. 109–123. URL: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.9>. (дата звернення: 10.08.2023). 4. Вознюк Н. М., Копилова О. М. Біомоніторинг у системі оцінювання стану гідроекосистем. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки.* 2015. Вип. 1(69). С. 32–39. 5. Вознюк Н. М., Копилова О. М. Моніторинг поверхневих вод р. Стир за гідрохімічними показниками. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки.* 2016. Вип. 2(74). С. 115–122. 6. Вознюк Н. М., Копилова О. М., Стецюк Л. М. Екологічна стійкість ландшафту водного басейну як один із факторів формування стану гідроекосистеми (на прикладі р. Стир). *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки.* 2019. Вип. 1(85). С. 26–31. 7. Гроховська Ю. Р. Структурний аналіз водної флори Стир-Горинської частини басейну Прип'яті. *Екологічні науки.* 2015. № 3–4 (10–11). С. 38–47. 8. Клименко М. О., Гроховська Ю. Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими рослинами : монографія. Рівне : НУВГП, 2005. 194 с. 9. Коробкова Г. В. Використання макрофітних індексів для оцінки екологічного стану поверхневих вод України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2017. № 1–2 (27). С. 62–48

70. **10.** Копилова О. М., Вознюк Н. М. Ревіталізація екосистеми басейну р. Стир. *The development of nature sciences: problems and solutions : conference proceedings, april 27–28, 2018.* Brno : The Baltic Publishing, 2018. P. 80–84. **11.** Нетробчук І. Гошинська В. Екологічна оцінка якості води річки Стир у місті Луцьк. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки. Географічні науки.* Луцьк, 2018. Вип. 3 (376). С. 28–34. **12.** Оксана Цьось, Оксана Музиченко, Марія Боярин Методика оцінки екологічного стану поверхневих вод приток верхів'я річки Прип'ять за макрофітами. Луцьк : Вежа-Друк, 2022. 26 с. **13.** Цьось О. О., Музиченко О. С. Боярин М. В. Становлення фітоіндикаційних підходів у системі моніторингу стану водних екосистем. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки.* 2021. Вип. 118. С. 382–388. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.49> (дата звернення: 10.08.2023). **14.** Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities.* 22.12.2000. Vol. 43, L. 327. 72 p. **15.** Ecological risks in river basins: a comparative analysis of steppe and forest Ukrainian areas / V. P. Skyba, O. M. Kopylova, N. M. Vozniuk, O. A. Likho, A. M. Pryshchepa, Z. M. Budnik, K. Y. Gromachenko, K. P. Turchina. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2021. Vol. 11, No 1. P. 306–314. doi: 10.15421/2021_46. **16.** Mariia Boiaryn, Oksana Tsos. Ocena stanu ekologicznego powierzchniowych wód rzeki Turia na podstawie makrofitowego indeksu rzecznoego (MIR). *Chemia. Environment. Biotechnology.* 2019. № 22. P. 7–12. URL: <http://dx.doi.org/10.16926/cebj.2019.22.01> (дата звернення: 10.08.2023). **17.** Myroslav S. Malovanyy, Maria Boiaryn, Oksana Muzychenko, Oksana Tsos. Assessment of the environmental state of surface waters of right-bank tributaries of the upper reaches of the Pripet River by macrophyte index MIR. *Journal of water and land development.* 2022. No. 55 (X–XII). P. 97–103. DOI: 10.24425/jwld.2022.142310 **18.** Nekos A. N., Boiaryn M. V. Environmental assessment of water quality of the styr river (within the city of lutsk). *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment : Paper presented at the 16th International Conference, Monitoring.* 2022. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580157> (дата звернення: 10.08.2023). **19.** Hanna Ciecierska, Maria Dynowska. Biologiczne metody oceny stanu srodowiska. Tom 2. *Ekosystemy wodne.* Podrecznik metodyczny. Olsztyn. 2013. 312 p. **20.** Szoszkiewicz K., Jusik S., Pietruczuk K., Gebler D. The Macrophyte Index for Rivers (MIR) asan Advantageous Approach to Running Water. *Assessment in Local Geographical Conditions Water.* 2020. № 12. P. 108. URL: <https://doi.org/10.3390/w12010108> (дата звернення: 10.08.2023).

REFERENCES:

1. Boiaryn M. V., Tsos O. O., Voloshyn V. U. Ekolohichniy stan richky Sapalaivka v umovakh urbosystemy m. Lutsk. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V. N. Karazina. Ser. Ekolohiia*. Kh., 2020. Vyp. 23. S. 21–29. URL: <http://dx.doi.org/10.26565-1992-4249-2020-23-02> (data zvernennia: 10.08.2023).
2. Boiaryn M. V., Netrobchuk I. M. *Osnovy hidroekolohii: teoriia y praktyka : navch. posib.* Lutsk : Vezha–Druk, 2016. 364 s.
3. Biedunkova O. O., Statnyk I. I., Boiaryn M. V. Vybir indykatoriv monitorynhu yakosti poverkhnevyykh vod richky Sluch. *Vodni bioresursy ta akvakultura*. 2023. Vyp. 1. S. 109–123. URL: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.9>. (data zvernennia: 10.08.2023).
4. Vozniuk N. M., Kopylova O. M. Biomonitorynh u systemi otsiniuvannia stanu hidroekosystem. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2015. Vyp. 1(69). S. 32–39.
5. Vozniuk N. M., Kopylova O. M. Monitorynh poverkhnevyykh vod r. Styr za hidrokhimichnymy pokaznykamy. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2016. Vyp. 2(74). S. 115–122.
6. Vozniuk N. M., Kopylova O. M., Stetsiuk L. M. Ekolohichna stiikist landshaftu vodnoho baseinu yak odyn iz faktoriv formuvannia stanu hidroekosystemy (na prykladi r. Styr). *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2019. Vyp. 1(85). S. 26–31.
7. Hrokhovska Yu. R. Strukturnyi analiz vodnoi flory Styr-Horynskoï chastyny baseinu Prypiati. *Ekolohichni nauky*. 2015. № 3–4 (10–11). S. 38–47.
8. Klymenko M. O., Hrokhovska Yu. R. Otsinka ekolohichnoho stanu vodnykh ekosystem richok baseinu Prypiati za vyshchymy roslynamy : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2005. 194 s.
9. Korobkova H. V. Vykorystannia makrofitnykh indeksiv dlia otsinky ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod Ukrainy. Liudyna ta dovkillia. *Problemy neoekolohii*. 2017. № 1–2 (27). S. 62–70.
10. Kopylova O. M., Vozniuk N. M. Revitalizatsiia ekosystemy baseinu r. Styr. *The development of nature sciences: problems and solutions : conference proceedings*, april 27–28, 2018. Brno : The Baltic Publishing, 2018. P. 80–84.
11. Netrobchuk I., Hoshynska V. Ekolohichna otsinka yakosti vody richky Styr u misti Lutsk. *Naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu im. Lesi Ukrainky. Heohrafichni nauky*. Lutsk, 2018. Vyp. 3 (376). S. 28–34.
12. Oksana Tsos, Oksana Muzychenko, Mariia Boiaryn *Metodyka otsinky ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod pry tok verkhivia richky Prypiat za makrofitamy*. Lutsk : Vezha-Druk, 2022. 26 s.
13. Tsos O. O., Muzychenko O. S., Boiaryn M. V. Stanovlennia fitoindykatsiinykh pidkhodiv u systemi monitorynhu stanu vodnykh ekosystem. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2021. Vyp. 118. S. 382–388. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.49> (data zvernennia: 10.08.2023).
14. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 22.12.2000. Vol. 43, L. 327. 72 p.
15. Ecological

risks in river basins: a comparative analysis of steppe and forest Ukrainian areas / V. P. Skyba, O. M. Kopylova, N. M. Vozniuk, O. A. Likho, A. M. Pryshchepa, Z. M. Budnik, K. Y. Gromachenko, K. P. Turchina. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, No 1. R. 306–314. doi: 10.15421/2021_46.

16. Mariia Boiaryn, Oksana Tsos. Ocena stanu ekologicznego powierzchniowych wód rzeki Turia na podstawie makrofitowego indeksu rzecznoego (MIR). *Chemia. Environment. Biotechnology*. 2019. № 22. P. 7–12. URL: <http://dx.doi.org/10.16926/cebj.2019.22.01> (data zvernennia: 10.08.2023).

17. Myroslav S. Malovanyy, Maria Boiaryn, Oksana Muzychenko, Oksana Tsos. Assessment of the environmental state of surface waters of right-bank tributaries of the upper reaches of the Pripet River by macrophyte index MIR. *Journal of water and land development*. 2022. No. 55 (X–XII). P. 97–103. DOI: 10.24425/jwld.2022.142310

18. Nekos A. N., Boiaryn M. V. Environmental assessment of water quality of the styr river (within the city of lutsk). *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : Paper presented at the 16th International Conference, Monitoring. 2022. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580157> (data zvernennia: 10.08.2023).

19. Hanna Ciecierska, Maria Dynowska. Biologiczne metody oceny stanu srodowiska. Tom 2. *Ekosystemy wodne*. Podrecznik metodyczny. Olsztyn. 2013. 312 p.

20. Szoszkiewicz K., Jusik S., Pietruczuk K., Gebler D. The Macrophyte Index for Rivers (MIR) asan Advantageous Approach to Running Water. *Assessment in Local Geographical Conditions Water*. 2020. № 12. P. 108. URL: <https://doi.org/10.3390/w12010108> (data zvernennia: 10.08.2023).

Boiaryn M. V., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, mariasun140314@gmail.com <http://orcid.org/0000-0001-9822-5897>)

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATUS OF THE SURFACE WATERS OF THE STYR RIVER BY THE MACROPHYTE INDEX MIR

The water management complex of the southern part of the Volyn region and of the western part of the Rivne region belongs to the Styr river basin, which has a significant degree of development. Thus it is necessary to observe the strategic principles of rational nature management to restore and preserve the optimal ecological state of the river basin.

Here, an ecological assessment of water quality by the state of macrophytes is presented. Four test sites of at least 100 m length

each were laid to perform research and to determine the ecological state of the rivers of the Styr basin. In the research, 48 species of higher aquatic and coastal aquatic plants were found in the test areas of the Styr River, all species belonging to the *Magnoliophyta* division.

35 macrophyte indicator species were selected in the test sections of the channel to determine the Macrophyte Index for Rivers (MIR). Macrophyte species which are characterized by almost the same percentage of projective coverage were found in all test sections of the Styr River bed: *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Myosotis scorpioides* L., *Acorus calamus* L. In addition, macrophyte species were recorded as occurring only on one of the test plots. For instance, on the test plot No. 3 (Mayunychi village) macrophytes species *Lysimachia nummularia* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Scirpus sylvaticus* L. were found; the species *Carex acutiformis* Ehrh. was found on the test site No 4 (Zarichne village).

According to the classification, the Styr River belongs to lowland watercourses, with the macrophyte type M-VIII (organic rivers). As a result of the calculated Macrophyte Index for Rivers, it was determined that the water quality in the Styr River at test sites No. 1 (Shchurovychi village) and No. 3. (Mayunychi village) has good ecological condition, MIR is 36.1 and 40.6, respectively; at test sites No. 2 (Lutsk) and No. 4 (Zarichne village), the quality of surface water is satisfactory or moderate, and the ecological status by MIR is 36.1 and 33.57, respectively.

Keywords: river bed; macrophytes; ecological condition of rivers; macrophyte index; indicator species of macrophytes.

Ворон В. П., д.с.-г.н., (Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, м. Харків. 52corvus@gmail.com), **Фізик І. В., к.с.-г.н., доцент,** **Івашинюта С. В., к.с.-г.н., ст. викладач,** **Грицюк І. І., ст. викладач,** **Ціпан Ю. Р., ст. викладач** (Надслучанський інститут Національного університету водного господарства та природокористування, м. Березне, i.v.fizyk@nuwm.edu.ua, s.v.ivashyniuta@nuwm.edu.ua, i.i.hrytsiuk@nuwm.edu.ua, y.r.tsipan@nuwm.edu.ua)

АЕРОТЕХНОГЕННІ ЗМІНИ ЛІСІВ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ М. РІВНЕ

Наведено теоретичні узагальнення та результати змін лісів зеленої зони м. Рівне, що піддаються дії аеротехногенного забруднення. Дослідження базувалися на принципах порівняльної екології та проведені за загальноприйнятими в лісівництві, лісовій таксації, ґрунтознавстві. Визначено тенденції й маркери забруднення снігового покриву та ґрунтів у зонах забруднення викидами SO_2 , NO_x , NH_4 , і цементних виробництв. Виявлено аномалії накопичення в ґрунтах важких і лужних металів у зоні цементних виробництв. Вивчено динаміку надходження опаду й формування лісової підстилки та зміни біокругообігу в лісових екосистемах в умовах аеротехногенного забруднення. Оцінено вплив техногенного забруднення на санітарний стан сосняків і виявлено особливості змін горизонтальної та вертикальної структури лісових насаджень унаслідок дії техногенного забруднення.

Ключові слова: деревостан; аеротехногенне забруднення; важкі метали; біокругообіг; крона; радіальний приріст.

Постановка проблеми. Ліси зелених зон міст відіграють важливу санітарно-гігієнічну роль в створенні сприятливих умов для відпочинку та оздоровлення жителів. Створені як буферні та рекреаційні середовища навколо міст, ліси зелених зон зазнають впливу комплексу несприятливих факторів. При цьому спостерігається деградація та зниження захисних функцій лісів.

Площа лісів зеленої зони м. Рівне складає майже 31 тис. га, в т. ч. лісопаркова та лісогосподарська частини лісів 6 і 25 тис. га. Серед

антропогенних факторів, що негативно впливають на ліси зеленої зони міста Рівне, особливу небезпеку представляє, перш за все, забруднення атмосфери викидами Рівненських ВАТ «Азот» і «Волиньцемент».

Однією з глобальних проблем сучасності є забруднення атмосфери. Обсяг сумарних щорічних викидів у біосферу згідно з розрахунками О.О. Мартинюка сягає – 4–22 млрд т.

На початку 1990-х років майже 50 % площі лісів у Центральній Європі було пошкоджено забрудненням. Після цього ЄЕС було прийнято рішення про зменшення обсягу викидів. За період з 1980 по 2004 роки викиди оксидів сірки в Європі зменшилися в 4,2, оксидів азоту – в 1,4 та аміаку – в 1,3 рази [1].

Хоча і в Україні обсяг викидів знизився у 2 рази, вона залишається однією з країн з великим об'ємом викидів в атмосферу, які спричиняють деградацію лісів. Функціонування сучасної промисловості України, в якій домінує паливно-енергетичний, металургійний, хімічний комплекси, не дає змоги знизити забруднення атмосфери викидами до допустимого рівня

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У низці робіт щодо аеротехногенного пошкодження лісів України відмічається, що воно має переважно локальний і регіональний характер. Встановлено основні тенденції трансформації сосняків у Західному Поліссі [2; 3; 4], Лісостепу [5] та Степу України [6; 7], лісостанах Прикарпаття [8; 9].

Отримані дані часто є суперечливими і потребують уточнень. Це пов'язано з тим, що дослідження проводили у стислі періоди в зоні одного або двох джерел забруднення, тоді як інтегральну оцінку реакції лісових екосистем можливо одержати лише за тривалий період досліджень. Цього вдалося досягти завдяки створенню в 1980-х роках мережі постійних пробних площ, дослідження на яких автор здійснював до кінця 2010-х років.

Дослідження попередників були присвячені переважно деревостану, залишаючи поза увагою інші складові лісових екосистем. Водночас необхідним залишається диференційований підхід щодо екологічної оцінки наслідків антропогенної діяльності, з урахуванням конкретних природо-кліматичних і лісорослинних умов.

Мета завдання та методика досліджень. Мета роботи – виявити аеротехногенні зміни лісів зеленої зони м. Рівне.

Методи дослідження. Дослідження базувалися на принципах порівняльної екології та проведені шляхом оцінювання стану лісових насаджень в умовах аеротехногенного впливу та на контролі. Стан компонентів лісових насаджень оцінювали за загальноприйнятими в лісівництві, лісовій таксації та ґрунтознавстві методами та методами біоіндикації. Отриманий матеріал опрацьовували методами математичної статистики.

Об'єктами досліджень слугували лісові насадження зеленої зони м. Рівне. Серед антропогенних факторів, що негативно впливають на ліси зеленої зони міста Рівне, особливу небезпеку представляє забруднення атмосфери викидами Рівненського ВАТ «Азот» і «Волиньцемент».

У викидах РВАТ «Азот» гази та аерозолі кислот складають майже 80%. Всі вони токсичні для рослин. Серед сірковмісних газів особливу небезпеку представляють сірчаний та сірчистий ангідриди, азотовмісних – оксиди азоту та аміак. За винятком NH_4^+ , всі гази є кислотними. Найбільша кількість викидів фітотоксикантів зареєстровано в середині 70-х років, абсолютний максимум – 75,1 тис. т у 1978 р. Після екологічної катастрофи 1979 р. було вжито заходів щодо зменшення атмосферних забруднювачів і до середини 80-х років їх кількість зменшилася у 3–4 рази.

Потужним джерелом забруднення атмосфери в Західному Поліссі є також Рівненське ВАТ «Волиньцемент» (колишній Здолбунівський цементно-шиферний комбінат), який забруднює атмосферу викидами сильно лужного цементного пилу, а також оксидами азоту та сірки. В середині 80-х років сумарна величина викидів в атмосферу перевищувала 30 тис. т/рік, в тому числі викиди пилу склали біля 23 тис. т/рік. Починаючи з кінця 80-х, коли була проведена реконструкція величина викиду забруднювачів в атмосферу постійно зменшується. В 1999 р. загальний обсяг викидів порівняно з 1985 р зменшився на 91,4%.

В основу досліджень аеротехногенних змін у лісових екосистемах взято методи порівняльної екології. Впливу антропогенних чинників на лісостани вивчали на 25 постійних пробних площах (ППП), закладених згідно з прийнятими у лісівництві та лісовій таксації методиками ППП [10] ще в 1982–1987 рр., і склали три екологічні ряди та розміщені на відстані від 4 до 25 км від підприємства. Ліси техногенної зони ВАТ «Волиньцемент»

представлені вісьмома невеликими різноманітними урочищами Здолбунівського лісництва, які розташовані приблизно на однаковій віддалі від джерела забруднення. Вони відрізняються породною і віковою структурою і умовами місцезростання. Оскільки підібрати екологічний ряд за різним ступенем впливу техногенного забруднення, не є можливим було закладено дві ПП в ялинових деревостанах на віддалі 4,5 і 12 км від цементного виробництва [11].

Одним із найбільш інформативних методів забруднення екосистем є моніторинг хімічного складу снігового покриву [12]. Проби снігу відбирали стандартним снігоміром у період досягнення максимуму вологозапасу за методиками Назарова. Хімічний аналіз зразків снігу визначали згідно з інструкціями контролю [13]. Під час вивчення ґрунтів використані методичні підходи Л.А. Гришиної [14]. Ґрунти вивчали за Д.В. Воробйовим і описували за М.К. Крупським із відбором зразків за генетичними горизонтами та їхнім аналізом [15].

Дослідження змін біоциркуліції_ вивчали згідно з [16], а також за коефіцієнтом, запронованим Ю. Чернобаєм [17].

Стан окремих дерев і деревостанів оцінювали згідно із «Санітарними правилами в лісах України» (2016) з доповненнями для сосни звичайної, розробленими лабораторією екології УкрНДІЛГА з урахуванням методичних положень і методик європейської (ICP-FORESTS) та американської (Forest Health Monitoring) систем моніторингу лісів.

Темпи росту дерева, його стан здоров'я та конкурентна спроможність характеризуються значною мірою розмірами та формою його крони. Ширину крон вимірювали за чотирма радіусами (Пн, Пд, Сх, Зх). Довжину, або протяжність крон (L) вираховували як різницю між висотою дерева (H) та висотою до першої нижньої живої гілки. Форму крон встановлювали за співвідношенням $L/D_{кр.}$, а симетричність крон – відповідно до методики IUFRO [18].

Потужність фотосинтезуючого шару встановлювали за діапазоном $H_{max}-H_{min}$, а механізми порушення розвитку – за класами Крафта в межах ПП та на екопрофілі з урахуванням індексів стану дерев і лісівничо-таксаційної характеристики деревостанів.

Виклад основних результатів досліджень. Небезпека аеротехногенного забруднення для лісових екосистем полягає в тому, що поряд із забрудненням повітря відбувається забруднення –

снігу, підстилки та ґрунтів, тобто фактично всіх компонентів довкілля від яких залежить їх нормальний розвиток.

В період інтенсивного забруднення в техногенній зоні обох виробництв встановлено підлугування атмосферних опадів. В техногенній зоні РВАТ «Азот» незважаючи на перевагу в їх емісіях кислих викидів причиною цього є викиди аміаку, цементного виробництва викиди сильнолужного пилу. Із зниження рівня викидів відбулося суттєве покращення хімізму снігового покриву. Вже на початку 90-х років концентрації іонів у ньому були незначними. Проведені в 2005 році дослідження хімізму снігу в техногенній зоні ВАТ «Азот» засвідчили, що його склад близький до фонового в Поліссі.

Для забруднення характерним є зростання забруднення снігового покриву зі збільшенням періоду лежання снігу, а також у міру наближення до джерела викидів. Радіус поширення поля забруднення збільшується у міру зростання обсягу й висоти викидів. Поле забруднення витягнуте переважно в напрямку переважаючих вітрів.

У районах із домінуванням у викидах SO_2 , NO_x , NH_3 незважаючи на значне переважання в їхніх емісіях кислих викидів, відбувалося підлугування атмосферних опадів і довкілля (табл. 1). Причиною цього є викиди сильнолужного аміаку. Значне ($pH \geq 8$) підлугування опадів відмічається в радіусі 3 км. Рівень підлугування та забруднення іонами амонію визначається ступенем нейтралізації його кислими іонами.

Під час дослідження змін хімізму опадів за такого типу забруднення важливими показниками мають бути не тільки кислотність і концентрація NH_4^+ , але й сума та співвідношення іонів.

Доведено наявність тісного взаємозв'язку між об'ємом викидів і рівнем забруднення снігового покриву. В періоди сильного забруднення підлугування може поширюватися сягати на десятки кілометрів, а введення нових потужностей або збільшення висоти труб викиду посилює забруднення та розширює його радіус поширення.

Таблиця 1

Зміни хімізму снігу в період максимального забруднення

Показники	Т и п з а б р у д н е н н я	
	РВАТ «Азот»	РВАТ «Волиньцемент»
pH	Зростає до 7,0 і більше, а в санітарно-захисній зоні (СЗЗ) більше 8,0	Сильне підлугування до 8,0–9,0*
Ca ²⁺	Суттєво не змінюється	Значне зростання*.
NH ₄ ⁺	Зростання*. Основна причина підлугування	Не змінюється
HCO ₃ ⁻	Незначне зростання	Зростає *
CO ₃ ²⁻	Відсутній	При високому рівні забруднення*
SO ₄ ²⁻	Значне зростання	Не змінюється
NO ₃ ⁻	Зростає	Не змінюється
Співвідношення катіонів	Зростає відсоток іонів	Абсолютне домінування Ca ²⁺ (до 80%)
Співвідношення аніонів	Зростає відсоток сульфатів і нітратів	Зростає вміст гідрокарбонатів, а при сильному забрудненні карбонатів
Мінералізація	Зростає	Сильне зростання*
Інші показники		Значне зростання вмісту пилу*.
Переважає тип седиментації	Вологий	Сухий

Примітка:* Яскраво виражена просторова залежність зростання вмісту з наближенням до джерела забруднення та з аномальними значеннями в санітарно-захисній зоні та на території виробництва.

Надходження забруднювачів у ґрунт призводить до змін його фізико-хімічних властивостей (табл. 2), ступінь і характер яких залежать як від типу і тривалості надходження забруднювачів, так і від властивостей ґрунтів. Спільною рисою техногенних змін ґрунтів є порушення ґрунтово-вбирного комплексу (ВКГ), гальмування мікробіологічної діяльності і, як наслідок, зниження вмісту гумусу та елементів живлення рослин.

Таблиця 2

Зміни та діапазон коливань показників ґрунтів їх при аеротехногенному забрудненні

Властивості ґрунтів	Показники	тип забруднення	
		РВАТ «Азот»	РВАТ «Волиньцемент»
Кислотні	1) рН водний	5,67–3,60	4,56–8,20
	2) Н ⁺ , мг-екв/100гг	незначно збільшується	0,72–0,10
	3) Нг, мг-кв/100гг	4,29–17,3	5,37–0,28
Іонно-сольовий Режим	Склад водної витяжки, мг-екв/100гг	вміст катіонів зменшується, аніонів – збільшується	Ca ²⁺ -0,05–1,66 Mg ²⁺ 0,02–0,60 K ⁺ 0,01–0,24 HCO ₃ ⁻ 0,03–1,62 SO ₄ ²⁻ 0,05–0,64 Поява CO ₃ ²⁻
Катіонно-обмінні	Ca ²⁺ , мг-екв/100гг	3,45–2,37	0,66–18,70
	Mg ²⁺ , - // -	0,50–0,20	0,001–1,46
	K ⁺ , - // -	не змінюється	0,03–2,22
	Na ⁺ , - // -	не змінюється	0,05–0,61
	H ⁺ і Al ³⁺ , - // -	Збільшується	H ⁺ -0,72–0,05
Σ вбирних ос-нов, - // -V, %	7,6–1,4 64–7	2,40–23,00 31–95	
Агрохімічні (рухомі)	NO ₃ ⁻ , мг/100гг	1,78–3,03	Не змінюється
	NH ₄ ⁺ , мг/100гг	1,54–2,11	5,5–82,0
	N, що легкогідролізуємий, мг/100гг	18,4–23,15	
	P ₂ O ₅ , мг/100гг	12,65–6,10	
Агрохімічні (валові),	K ₂ O, мг/100гг	не змінюється	
Агрохімічні (валові),	N негідролізуємий, мг/100гг	34,66–79,3	н.в.
	N валовий, %	0,08–0,14	не змінюється
	P ₂ O ₅ , %		не змінюється
	K, %	незначне зменшення	0,05–0,08
	C/N, умов.од.	121–46	не змінюється

Примітки: * – перша цифра – фонове значення показника, друга цифра – значення показника в зоні максимального техногенного навантаження; н.в. – не визначалось; V – ступінь насиченості ґрунтів основами.

В результаті надходження забруднювачів в період сильного

забруднення в першій половині 80-х років відмічено значні зміни хімізму ґрунтів. Визначено тенденції й маркери забруднення снігового покриву та ґрунтів у зонах агломерацій і виробництв із домінуванням у викидах SO_2 , NO_x , NH_4 , і цементних виробництв. В техногенній зоні РВАТ «Азот» – це зростання кислотності в радіусі 11 км до екстремально кислого рівня, що призвело до суттєвих порушень ґрунтово-поглинаючого комплексу. Відмічено не лише зростання в ґрунтово-поглинаючому комплексі відсотку іонів водню, але й вимивання лужних катіонів. В 7-км зоні від РВАТ «Азот» вміст сульфатів в водній витяжці ґрунту в 3,6 рази вищим ніж на контролі.

Надходження азотутримуючих токсикантів зростання вмісту загального азоту не компенсує його втрати внаслідок зниження мікробіологічної діяльності. Це погіршує забезпечення рослин азотом, оскільки зменшується частка його доступних форм і порушується співвідношення аміачної та нітратної форм азоту в бік останньої.

В просторовому відношенні спостерігалось зростання рівня негативних змін з наближенням до РВАТ «Азот». однак особливо високий вміст сульфатів виявлено в сосняку на віддалі 7 км від «Азоту». на цій ППП поряд з високим вмістом сульфатів в верхньому гумусовому горизонті ще вищий рівень (7–14 раз більший ніж на 15 км) відмічено на глибині 70–130 см, тобто в 60-см шарі ґрунту вище щільного шару мергелю. Така акумуляція сульфатів відбувається в умовах сильно лужної реакції та високого вмісту гідрокарбонатів.

Зміни хімізму ґрунтів в лісах техногенної зони ВАТ «Волиньцемент» мають протилежний характер. Внаслідок седиментації цементного пилу накопичуються аномальні рівні лужних металів (особливо кальцію), і ґрунти сильно підлугуюються. рН гумусового горизонту може на 2–3 одиниці перевищувати природний рівень. При цьому порушується співвідношення лужних металів у ґрунті. Якщо на контролі є такий порядок розташування: $K > Na > Ca > Mg$, то в зоні сильної седиментації: $Ca > K > Na > Mg$. У ВКГ іон водню майже повністю заміщується кальцієм, який становить $>80\%$ суми поглинених основ.

Забруднення ґрунтів лужними металами має поверхневий характер максимальний вміст лужних елементів накопичується у верхньому ґрунтовому горизонті. Глибина підлугування залежить від рівня седиментації та механічного складу ґрунтів. Особливо

високий рівень підлюговування ґрунтів встановлюється в періоди жаркої сухої погоди.

Особливістю досліджуваних сірих опідзолених ґрунтів техногенної зони ВАТ «Волиньцемент» є наявність приблизно на глибині 120 см твердого шару мергелю, який є бар'єром для проникнення забруднювачів в ґрунтові води. В 30-см шарі ґрунту вище від нього рН досягає рівня 7,85–8,25, сума поглинутих основ в 2,6–3,0 рази більше, ніж в карбонатному лесі, особливо сильно зростає вміст обмінного кальцію, а у водній витяжці іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} .

У важких металів ці тенденції особливо виражені. Так уміст Сг в гумусованому шарі підстилки у 12–14 разів більший, ніж в опаді, Сu – в 14–19, Zn – у 7–11, Sr – у 8–13, Pb – у 13–18 разів, причому загальний уміст і перевищення нижніх горизонтів над вище розташованими за профілем зростають у міру наближення до джерела забруднення довкілля.

Унаслідок акумуляції забруднювачів у підстилці в техногенній зоні досліджуваних джерел забруднення в ланці опад – підстилка гальмується інтенсивність біоциркуляції. Про це свідчать два негативні процеси, які відмічаються в техногенній зоні – зменшення надходження опадів, насамперед його основної складової – хвої, та зростання маси підстилки. І без того загальмований біоцикл, який характерний для сосняків, за сильного забруднення стає сильно загальмованим.

Таблиця 3

Маса підстилки, опадів і ПОК у сосняках зони РВАТ «Азот»

Відстань, км	Підстилка по горизонтам			Загальна		ПОК
	L	F	H	Підстилки	Опаду	
4	7,06	7,17	18,60	32,83	5,41	6,06
7	6,47	6,80	16,80	30,07	5,96	5,04
9	6,37	6,38	14,90	27,65	6,38	4,34
25	5,05	5,80	9,90	20,75	6,80	3,06

У результаті накопичення забруднювачів у хвої порушується динаміка надходження хвої – літом її осипається значно більше, особливо в посушливі роки.

Таблиця 4

Трансформація опаду та підстилки у сосняках у зоні
РВАТ «Азот»

Відстань, км	K_L	K_F	K_H	Вік опаду	T_L	T_F	T_H	TM_L	TM_F	TM_H
4	1,30	1,33	3,44	0,50	0,65	0,66	1,72	1,15	1,82	3,53
7	1,09	1,14	2,82	0,55	0,60	0,63	1,55	1,15	1,77	3,32
9	1,00	1,00	2,34	0,53	0,53	0,53	1,24	1,06	1,59	2,83
25	0,74	0,85	1,46	0,58	0,43	0,49	0,84	1,01	1,51	2,35

Природно як в опадовому, так і у ферментативному шарах підстилки сосняків Полісся переважають процеси розкладання мортмаси, а в шарі гуміфікації – накопичення. Однак вже в ослабленому сосняку у верхніх шарах підстилки процеси розкладання й накопичення мортмаси урівноважені, а в шарі гуміфікації домінують процеси накопичення. В сильно пошкодженому сосняку накопичення фітодетриту повністю домінує в усіх шарах.

Аналіз динаміки стану сосняків у зоні «Азот» засвідчив, що він залежить від рівня аеротехногенного навантаження. У 1970-ті роки обсяг викидів зростав і в 1978 р. досяг максимуму – 75 тис. т. Апогеєм була катастрофа 1979 р., коли викид навесні призвів до гострого пошкодження понад 500 га хвойних лісів.

У першій половині 1980-х обсяг викидів зменшився до 20–25 тис. т на рік, але стрес від гострого пошкодження був таким сильним, що цього виявилось недостатньо для відновлення сосняків. Синергетична дія забруднення і посух 1983, 1987 та 1990 рр. різко погіршила стан сосняків. За 13 років площа пошкоджених лісів різко збільшилася: від 0,5 тис. га в 1979 р. до 2,5 тис. га у 1984 р., 4,7 – у 1988 р. і 23,4 тис. га у 1991 р. Радіус сильного ослаблення сосняків північно-східного екоряду розширився від 5,5 до 10 км, ослаблених – від 7 до 15 км, а у північно-західному напрямку – сильного ослаблення лісів до 6,5 км, а ослаблених – до 21 км.

Найгірший стан мали хвойні деревостани, особливо старших вікових груп. Індекс стану достовірно зростає зі збільшенням повноти ($r = -0,813$, $t_{\text{факт}} = -2,791$ при $t_{0,05} = -2,776$ і $k = 4$).

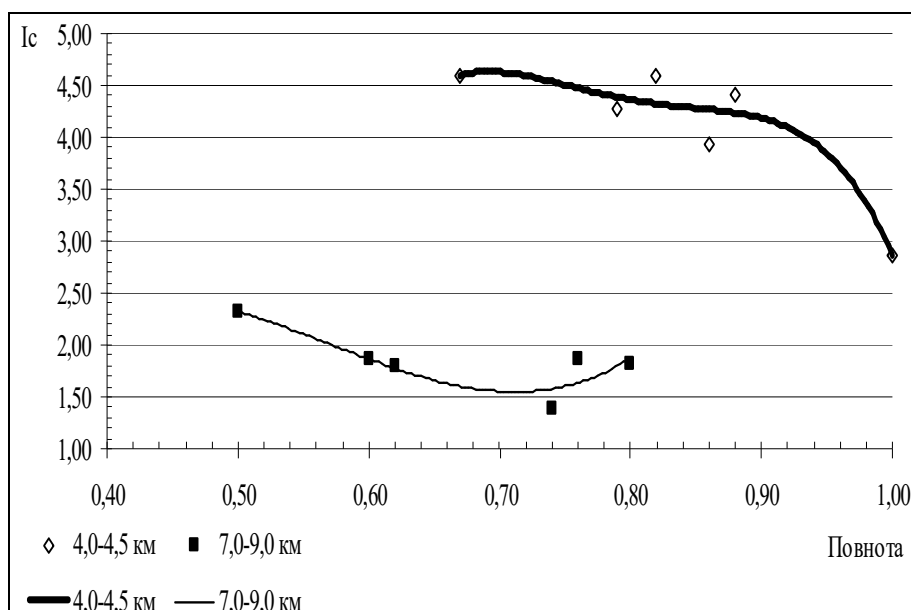


Рисунок. Залежність індексу стану від повноти сосняків в зоні РВАТ «Азот»

Стан лісостанів відновлювався надзвичайно повільно. Зменшення дефоліації та покращення стану сосняків відмічені лише у другій половині 90-х років, а значні позитивні зміни – лише у 2001–2003 рр., коли обсяг викидів знизився до 2,4–3,2 тис. т /рік. Однак і у 2013 р. більшість сосняків ослаблені.

У пошкоджених сосняків значно менші розміри біогоризонту фотосинтезу деревного намету. Його товщина в техногенній зоні становить 13,4–15,0 м, а на контролі – 20 м.

На початку 1980-х років в епіцентрі гострого пошкодження сосняків найгіршим був стан надпанівних і панівних дерев. У сосняків із хронічним пошкодженням стан дерев погіршувався від верхньої до нижньої частини намету.

Більш відчутний негативний вплив забруднення на дерева I–II класів Крафта виявляється у зменшенні не лише розмірів стовбура і крони, але й їхнього представництва в деревостані. В техногенній зоні збільшуються частки панівних і співпанівних дерев і зменшуються частки надпанівних і пригнічених дерев.

У контролі дерева мають середньоовальну крону, а відношення довжини крони до її ширини становить від 2 до 3. Унаслідок дії забруднення це співвідношення зменшується в зоні сильного

пошкодження до 1,42. При цьому крона має вигляд парасольки, що характерно для старих дерев. Такі візуальні зміни крони є підтвердженням передчасного аеротехногенного старіння дерев.

Таблиця 5

Розподіл дерев за вертикальною формою крони в сосняках у зоні РВАТ «Азот», %

Форма крони	Відстань до «Азоту», км			
	4,5	7	9	25
вузькоконусоподібна	0,0	2,3	6,7	1,9
ширококонусоподібна	4,0	8,0	4,0	1,9
овальна	9,0	19,3	13,3	22,3
яйцеподібна	8,0	28,4	10,7	13,6
оберненояйцеподібна	9,0	13,6	8,0	12,6
ромбоподібна	4,0	2,3	1,3	2,9
парасолькоподібна	29,0	9,1	25,3	15,5
кулеподібна	7,00	9,09	0,00	5,83
неправильна	20,00	7,95	30,67	23,30

Порівнювали також стан різних насадження техногенної зони ВАТ «Волиньцемент» основної лісотвірної породи – дуба (ПП2), соснове насадження (ПП1), змішане кленово-осикове насадження в урочищі Новомильськ, які є найбільш техногенно порушеними як в результаті розробки родовища мергелю, так і впливу техногенного забруднення.

Дещо інша ситуація у дуба звичайного. З одного боку, ця порода є середньо стійкою до забруднення атмосфери і повинна витримувати умови техногенного забруднення. Однак, в даному випадку розвиток дубових насаджень лімітується товщиною ґрунтів, адже дуб має потужну кореневу систему з глибоким стержневим коренем. Саме тому стан чистого дубового насадження оцінюється як сильно ослаблений.

Стан соснового насадження кращий, ніж чистого дубового, або дубово-ялинового. В чистому дубовому деревостані є 5% свіжого сухостою і більше 20% всихаючих дерев.

Доволі складна ситуація склалася в змішаному кленово-грабово-осиковому деревостані. У віці 50 років стан осики є сильно ослаблений. Це пояснюється, з одного боку, тим, що ця порода є швидкоростучою, тобто у такому віці такий стан є цілком закономірним, з іншого боку, осика має потужну кореневу систему і погано росте на малопотужних ґрунтах. Стан інших листяних порід ослаблений, індекс стану не перевищує 2,00. Слід відмітити низький індекс стану у клена гостролистого та явора. Ці породи можна використовувати як другорядні при створенні лісових культур, оскільки вони мають поверхневу кореневу систему, тобто можуть переносити близьке залягання мергелевого шару. Основною проблемою лісовідновлення у цьому районі є вибір головних порід.

Дуб недоцільно використати, оскільки через потужну кореневу систему він погано росте в цих умовах. Серед хвойних поверхневу кореневу систему має ялина звичайна, але вона є малостійкою до техногенного забруднення, особливо лужного. З цієї ж причини повинно бути обмежене використання сосни звичайної. Вона, при своїй невимогливості до родючості ґрунтів, буде мати обмеження розвитку через рівень техногенного забруднення та потужну кореневу систему. При вирощуванні її на таких неглибоких ґрунтах, особливо обмежених мергелями, доцільно використовувати екотип сосни, який росте на крейдяних відкладеннях.

Розподіл дерев за категоріями санітарного стану в лісових насадженнях техногенної зони
ВАТ «Волиньцемент»

Ліс-во – кв./ вид., віддаль, км	Склад насаджень	Середній ІС (насадження / 1-го ярусу)	Деревні породи	Розподіл дерев по категоріях стану, %						ІС
				I	II	III	IV	V	VI	
3 – 9/3; 5,4	1-й яр.: 9Сз1Бст 2-й яр.: 8Клг1Гз1Лпд	2,4 / 2,3	Сосна звичайна	0	50	47	2	1	0	2,54
			Берест	8	61	23	0	0	8	2,46
			Клен гостролистий	0	43	57	0	0	0	2,33
3 – 9/4; 5,4	1-й яр.: 10Дз од.Ос,Вз 2-й яр.: 8Гз2Клг +Лпд	2,2 / 3,2	Дуб звичайний	1	11	59	23	5	1	3,22
			Груб звичайний	43	39	12	3	2	1	1,86
			Клен гостролистий	11	71	16	2	0	0	2,09
3 – 10/6; 5,7	6Яле4Дз +Сз	2,4	Ялина європейська	3	67	28	0	1	1	2,31
			Дуб звичайний	0	37	58	1	0	4	2,76
3 – 12/1; 4,5	1-й яр.: 6Ос3Клг1Кля 2-й яр.: 8Гз2Бст	2,3 / 2,7	Осика	2	25	42	16	11	4	3,19
			Клен гостролистий	15	85	0	0	0	0	1,84
			Клен явір	45	44	11	0	0	0	1,67
			Груб звичайний	16	72	12	0	0	0	1,96
			Берест	29	41	24	6	0	0	2,06
3 – 27/2; 12,8	7Яле3Дз +Брхт	2,0	Ялина європейська	59	12	8	7	6	8	2,13
			Дуб звичайний	67	17	4	8	2	2	1,67
			Бархат амурський	27	55	18	0	0	0	1,91

Перспективною породою при створенні лісових культур може стати сосна чорна (*Pinus nigra* Arn.) або сосна кримська (*Pinus palassiana* D. Don), які, як відомо, хоча й мають якість деревини дещо гіршу, ніж у сосни звичайної, але можуть успішно зростати на сухих кам'янистих ґрунтах і непогано рости на вапнякових ґрунтах.

Перспективною породою міг би бути бук лісовий (*Fagus sylvatica* L.), ця порода, як відомо, має потужну кореневу систему, переносить досить мілкі кам'яністі ґрунти та добре росте на вапнякових ґрунтах. Тобто сосну чорну та бук лісовий можна було б використовувати як головні, а граб, клен гостролистий, явір – як другорядні породи. На більшій віддалі від джерела забруднення можна використовувати також сосну звичайну та ялину звичайну.

Висновки:

1. Серед абіотичних чинників в окремі роки на досліджувані ліси негативно впливали посухи, серед біотичних – шкідливі комахи і збудники хвороб. Особливо небезпечним антропогенним чинником є викиди в атмосферу РВАТ «Азот» і «Волиньцемент». Небезпека їх для лісів полягає також у тому, що забруднюються не лише аеротоп (повітря, опади), а і трофотоп (підстилка та ґрунт) екосистеми.

2. Хімічний склад снігу відбиває якісні та кількісні характеристики техногенного забруднення. У період інтенсивного забруднення сніговий покрив підлюговувався у техногенній зоні РВАТ «Азот» викидами аміаку, ВАТ «Волиньцемент» сильнолужного пилу. Забруднення снігу зростає у міру збільшення обсягу викидів, висоти їхнього поширення, періоду лежання снігу та зменшення відстані до джерела викидів. Підлюговування снігу відбувається за рахунок лужних і важких металів, але рівень підлюговування нівелюється аніонами SO_4^{2-} і NO_3^- .

3. Під впливом техногенного забруднення тривалість життя хвої сосни зменшується від 3 до 1,6 років, особливо в посушливі роки. Втрати асиміляційної поверхні однорічної та дворічної хвої в сильно пошкоджених сосняках становлять 25 і 40%, унаслідок гальмування росту хвої втрачається ще 20–50%. Загальні втрати асиміляційної поверхні сягають 63%, у т.ч. однорічної хвої – 52%, трирічної – 100%.

4. У сильно пошкодженому сосняку фітодетрит накопичується в усіх шарах підстилки, а загальний час формування запасу мортмаси на 0,9–3,0 роки більший, ніж на контролі, де в опадовому та

ферментативному шарі підстилки переважають процеси розкладання мортмаси. Зольність і вміст лужних і важких металів в опаді соснових лісостанів у техногенних зонах значно вищі, ніж у хвої. Вміст металів зростає від верхнього (опадового) до нижнього (гумусованого) шару підстилки. Унаслідок забруднення в ланці опад – підстилка гальмується інтенсивність біоциркуляції, за якого зменшується надходження опадів та зростає маса підстилки.

5. Ступінь і характер техногенних змін ґрунтів залежать від виду токсикантів, тривалості забруднення та властивостей ґрунтів. Спільною рисою цих змін є порушення ґрунтово-вбирного комплексу (ВКГ), гальмування мікробіологічної діяльності і, як наслідок, зниження вмісту гумусу та елементів живлення.

6. У зоні виробництв, які викидають кислі сірко- і азотутримуючі забруднювачі, порушується кислотний баланс через вимиваються лужних металів, зменшується, ємкість вбирання і насиченість основами, що максимально виражено в Поліссі. Максимальний вміст лужних металів накопичується у верхньому ґрунтовому горизонті. Глибина підлугування є найбільшою у легкосуглинкових і піщаних ґрунтах. Внаслідок седиментації викидів цементних виробництв формуються території з аномальним вмістом важких металів, що має локальний.

7. Визначено основні закономірності реакції деревостанів на техногенне забруднення:

- уразливість сосняків є значно більшою, ніж листяних порід;
- пошкодження дерев зростає з віком, зі зменшенням зімкненості намету, у міру наближення до джерела викидів, найсильніше потерпають домінуючі дерева, особливо на узліссях у напрямку пануючих вітрів;
- наслідки гострого пошкодження є більш небезпечними, ніж хронічного, призводячи до різкого припинення росту та всихання деревостану.

8. Діагностичними показниками порушення структури деревостанів під впливом техногенного забруднення є: зменшення потужності біогоризонту фотосинтезуючого деревного намету; спрощення структури деревостанів внаслідок вирівнювання за висотою дерев I, II і III класів Крафта; звуження діапазонів max-min значень показників стовбура ($D_{1,3}$, H) та крони (Dкр., Lкр, Skр.); зменшення відносної довжини крони (Lкр./Hдер.); зменшення показника стрункості крони; зміна форми крони: молодняків – на

туповершинну, середньовікових насаджень – на плосковершинну (парасолькоподібну). У випадку зрідження сосняків до повноти меншої 0,5 деякі стійкі особини розвиваються за типом вільностоячого дерева з характерним більш інтенсивним розвитком крони в ширину, ніж у висоту.

1. Inventory Review 2006.
2. Пастернак П. С., Ворон В. П., Мазепа В. Г., Приступа Г. К. Зміни деяких структурних особливостей лісового біогеоценозу в умовах аеротехногенного забруднення навколишнього середовища. *Екологія*. 1990. № 3. С. 7–13.
3. Івашинюта С. В. Сучасний стан лісів зеленої зони м. Рівне та заходи щодо посилення їх еколого-захисних функцій : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.03 / Держ. ком. лісового госп-ва України, НАН України, Укр. НДІ лісового госп-ва та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького. Х., 2007. 256 с.
4. Ворон В. П., Івашинюта С. В., Коваль І. М., Бондарук М. А. Ліси зеленої зони м. Рівне та їх еколого-захисні функції. Харків : Нове слово, 2008. 14 с.
5. Чемерис І. А. Формування екологічного стану лісових біогеоценозів в зоні впливу хімічних підприємств м. Черкаси : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16 / Національний ун-т водного господарства та природокористування. Рівне, 2007. С. 295. С. 208–230.
6. Коваль І. М. Динаміка радіального приросту і санітарного стану соснових деревостанів в умовах аеротехногенного забруднення в Поліссі та Лісостепу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.03. Х., 2002. 18 с.
7. Распопіна С. П. Аеротехногенна трансформація соснових екосистем середньої течії басейну р. Сіверський Донець : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.03 / Укр. НДІ лісового госп-ва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. Х., 2003. 169 с. С. 141–162.
8. Ворон В. П. Стійкість лісових насаджень до впливу забруднення атмосфери викидами цементного і калійного виробництва в умовах. Харків, 1983. 16 с.
9. Ворон В. П., Коваль І. М., Воронцова О. І. Динаміка санітарного стану соснових деревостанів та радіальний приріст *Pinus sylvestris* L. в умовах аеротехногенного забруднення в лісовій зоні України. 2001. *Проблеми лесоведения и лесоводства* : сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель : ИММСНАБ. Вип. 53. С. 315–317.
10. Гром М. М. Лісова таксація : підручник. Вид. 2-ге. Львів : Вид-во НЛТУ України, 2007. 416 с.
11. Ворон В. П., Івашинюта С. В. Аеротехногенні зміни довкілля та трансформація лісів техногенної зони РВАТ «Волиньцемент». *Науковий вісник УДЛТУ* : зб. наук.-техн. праць. Львів : УДЛТУ. 2004. Вип. 14.5. С. 162–171.
12. Самохвалова В. Л., Фатєєв А. І., Ворон В. П., Лучникова Є. В., Моніторинг забруднення снігового покриву важкими металами в зонах сталих аеротехногенних емісій забруднювачів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Біологія*. Вип. 26. С. 111–121.
13. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля : підручник. Харків : ХНУ ім. В. Н.

Каразіна, 2009. 176 с. **14.** Назаренко І. І., Польшина С. М., Нікорич В. А. Грунтознавство : підручник. Чернівці : Книги – XXI, 2004. 400 с. **15.** Родин Л. Е., Базилевич Н. І. Динаміка органічних речовин та біологічний кругообіг в основних типах рослинності земної кулі. М.-Л. : Наука, 1965. 253 с. **16.** Чернобай Ю. М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів : Вид-во ДПМ НАН України, 2000. 352 с. **17.** Шпарик Ю. С. Структура букового пралісу Українських Карпат. Снятин : Вид-во «Прутпринт», 2010. 143 с.

REFERENCES:

1. Inventory Review 2006. **2.** Pasternak P. S., Voron V. P., Mazepa V. H., Prystupa H. K. Zminy deiakykh strukturykh osoblyvostei lisovoho bioheotsenozu v umovakh aerotekhnogennoho zabrudnennia navkolyshnoho seredovyscha. Ekolohiia. 1990. № 3. S. 7–13. **3.** Ivashyniuta S. V. Suchasnyi stan lisiv zelenoi zony m. Rivne ta zakhody shchodo posylennia yikh ekolohozakhysnykh funktsii : dys. ... kand. s.-h. nauk : 06.03.03 / Derzh. kom. lisovoho hosp-va Ukrainy, NAN Ukrainy, Ukr. NDI lisovoho hosp-va ta ahrolisomelioratsii im. H.M. Vysotskoho. Kh., 2007. 256 s. **4.** Voron V. P., Ivashyniuta S. V., Koval I. M., Bondaruk M. A. Lisy zelenoi zony m. Rivne ta yikh ekolohozakhysni funktsii. Kharkiv : Nove slovo, 2008. 14 s. **5.** Chemerys I. A. Formuvannia ekolohichnoho stanu lisovykh bioheotsenoziv v zoni vplyvu khimichnykh pidpriemstv m. Cherkasy : dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.16 / Natsionalnyi un-t vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Rivne, 2007. S. 295. S. 208–230. **6.** Koval I. M. Dynamika radialnoho pryrostu i sanitarnoho stanu sosnovykh derevostaniv v umovakh aerotekhnogennoho zabrudnennia v Polissi ta Lisostepu : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk : 06.03.03. Kh., 2002. 18 s. **7.** Raspopina S. P. Aerotekhnohenna transformatsiia sosnovykh ekosystem serednoi techii baseinu r. Siverskyi Donets : dys. ... kand. s.-h. nauk : 06.03.03 / Ukr. NDI lisovoho hosp-va ta ahrolisomelioratsii im. H. M. Vysotskoho. Kh., 2003. 169 s. S. 141–162. **8.** Voron V. P. Stiikist lisovykh nasadzen do vplyvu zabrudnennia atmosfery vykydamy tsementnoho i kaliinoho vyrobnytstva v umovakh. Kharkiv, 1983. 16 s. **9.** Voron V. P., Koval I. M., Vorontsova O. I. Dynamika sanitarnoho stanu sosnovykh derevostaniv ta radialnyi pryrist Pinus sylvestris L. v umovakh aerotekhnogennoho zabrudnennia v lisovii zoni Ukrainy. 2001. *Problemyi lesovedeniya i lesovodstva* : sb. nauch. tr. In-ta lesa NAN Belarusi. Gomel : IMMSNANB. Vyp. 53. S. 315–317. **10.** Hrom M. M. Lisova taksatsiia : pidruchnyk. Vyd. 2-he., Lviv : Vyd-vo NLTU Ukrainy, 2007. 416 s. **11.** Voron V. P., Ivashyniuta S. V. Aerotekhnohenni zminy dovkillia ta transformatsiia lisiv tekhnogennoi zony RVAT «Volyntsement». *Naukovyi visnyk UDLTU* : zb. nauk.-tekhn. prats. Lviv : UDLTU. 2004. Vyp. 14.5. S. 162–171. **12.** Samokhvalova V. L., Fatieiev A. I., Voron V. P., Luchnykova Ye. V.,

Monitorynh zabrudnennia snihovoho pokryvu vazhkymy metalamy v zonakh stalykh aerotekhnohennykh emisii zabrudniuvachiv. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Ser. Biolohiia. Vyp. 26. S. 111–121.*

13. Krainiukov O. M. Monitorynh dovkillia : pidruchnyk. Kharkiv : KhNU im. V. N. Karazina, 2009. 176 s. **14.** Nazarenko I. I., Polchyna S. M., Nikorych V. A. Hruntoznavstvo : pidruchnyk. Chernivtsi : Knyhy – XXI, 2004. 400 s. **15.** Rodyn L. E., Bazylevych N. I. Dynamika orhanychnykh rehovyn ta biolohichnyi kruhoobih v osnovnykh typakh roslynnosti zemnoi kuli. M.-L. : Nauka, 1965. 253 s. **16.** Chornobai Yu. M. Transformatsiia roslynnoho detrytu v pryrodnykh ekosystemakh. Lviv : Vyd-vo DPM NAN Ukrainy, 2000. 352 s. **17.** Shparyk Yu. S. Struktura bukovoho pralysu Ukrainskykh Karpat. Sniatyn : Vyd-vo «Prutprynt», 2010. 143 s.

Voron V. P., Doctor of Agricultural Sciences (Research Institute of Forestry and Forest melioration named after G. M. Vysotsky, Kharkiv), **Fyzyk I. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor**, **Ivashyniuta S. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Senior Lecturer**; **Hrytsiuk I. I., Senior Lecturer**; **Tsipan Yu. R., Senior Lecturer** (Nadsluchansky Institute the National University of Water and Environmental Engineering, Berezne)

AEROTECHNOGENIC CHANGES OF FORESTS IN THE GREEN ZONE, M. RIVNE

The work contains theoretical generalizations and research results on changes caused by industry-related air pollution in forest ecosystems in the main natural zones of the plain part of Ukraine. The research was based on comparative ecology principles and carried out using the standard methods generally accepted in forestry, forest inventory, soil science, and dendrochronology.

The research was based on the principles of comparative ecology and was carried out by assessing the state of forest plantations under conditions of aerotechnogenic influence and under control. The obtained material was processed by the methods of mathematical statistics.

Trends and markers of snow and soil pollution have been identified in the zones of agglomerations and factories with dominance of SO₂, NO_x, and NH₄ in emissions, as well as thermal

power plants and cement productions. The study revealed anomalies in heavy metal accumulation in the soil in thermal power plant zones as well as alkali metal accumulation in the cement production zones. The litter fall income dynamics and formation of forest litter were studied. Changes in biological circulation in Ukrainian forest ecosystems were identified as a result of industry-related air pollution. Changes in morphological and anatomical parameters of pine needles, shoots, wood, and bark of Scots pine under the influence of man-made air pollution were analyzed. The effect of industry-related air pollution on the health condition of pine stands was assessed and peculiarities of horizontal and vertical forest structure changes were revealed as a result of the pollution. Specificities of radial growth dynamics under the influence of industry-related air pollution were found. Recommendations for increasing the resilience of forests damaged by industry-related air pollution have been developed.

***Keywords:* stand; industry-related air pollution; heavy metals; biological circulation; crown; radial growth.**

Гриб Й. В., д.б.н. професор, Полтавченко Т. В., к.вет.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, y.v.hryb@nuwm.edu.ua, t.v.poltavchenko@nuwm.edu.ua), **Ковальчук С. В., к.с-г.н., викладач вищої категорії** (ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП» м. Рівне, s.v.kovalchuk@nuwm.edu.ua), **Михальчук М. А., ст. викладач, Войтишина Д. Й., здобувач** (Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне, m.a.mykhalchuk@nuwm.edu.ua)

ВПЛИВ РИЗИКІВ НА ФОРМУВАННЯ СУКЦЕСІЙНИХ ЗМІН БІОЦЕНОЗІВ РІЧКОВО-ОЗЕРНОЇ МЕРЕЖІ

Річкова мережа – динамічна система з впливом значної чисельності чинників природного та антропогенного характеру, що впливають на якість і відтворення аборигенної іхтіофауни.

Не зважаючи на значну площу водного дзеркала і густоту річкової мережі, аквакультура природних водойм знаходиться в кризовому стані, як за якістю води так і за масою природного корму, зниження чисельності проміжних екотонів, маточного поголів'я. Разом з тим сьогодні ще функціонують природні локалітети відтворення аборигенних видів риб на р. Горинь (Деражне, Степань, Дубровиця, Висоцьк), на р. Случ (заплава в створі с. Колки із заплавами озерами). Тут відтворюється такі види риб, як лящ, карась, сом, плітка, окунь, судак, підуст, щука. Відмічені популяції коропа, товстолаба, окремі види риб веслоноса, проникаючих із фермерських рибоводних господарств, зокрема в створі нижче смт Деражне, с. Шубків. Визначені в роботі екологічні ризики, що впливають на видове різноманіття аборигенної іхтіофауни, рибопродуктивність та формування сукцесійних змін гідробіонтів.

Очевидно, необхідна після припинення військових дій розробка програми «Малі річки та озера» для вирішення ризиків впливу на водне середовище та реабілітації і відтворення видового різноманіття природних водойм (природна аквакультура), як складової системи трофічного ланцюга. Як напрям отримання

товарної рибопродукції, можливе поєднання рибництва заплав та ставків (як відокремленої частини мілководь водосховищ), а також спеціалізованих фермерських господарств з годівлі коропових риб, білого амура, судака, ляща. У минулі часи, рибопродуктивність річково-озерної мережі була значно вищою, на той час працювали риболовні бригади, основою рибництва були стави (Дубно, Остріг, Пересопниця, Олика). Однак, при оздоровленні екосистем річок і озер, мінімізуються ризики, відновлюється природна рибопродуктивність.

Ключові слова: екологічні ризики; сукцесійні зміни гідробіонтів; рибопродуктивність; видове різноманіття.

Постановка проблеми. Збіднення рибопродуктивності поверхневих вод Західного Полісся України, привело до пошуків причин цього явища. Прикладом є озеро Світязь, рибопродуктивність якого становить 0,68 кг/га. На більшій частині річок маточне поголів'я відсутнє, зникаючі та зниклі цінні промислові види риб (судак, щука, карась, короп, сазан).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі формування ризиків виживання іхтіофауни і сукцесійних змін присвячено ряд публікацій. Зокрема у роботі Гриба Й. В., Сондака В. В., Волкошовець О. В., Войтишиної Д. Й. показано, що в сучасній екологічній ситуації у річково-озерній мережі внаслідок впливу антропогенних і природних чинників (забруднення, евтрофікація, регулювання, старіння водойм) виживання ризиковане [5, С. 7–29]. Необхідне впровадження нового напрямку аквакультури природних водойм – переведення заплавних екотонів у ставове господарство.

Особливо небезпечна нестабільність водного середовища для молоді риб, регулювання і пропуск повені в бровках русла, порушення фаз гідрологічного режиму, токсикація водного середовища, бідна кормова база, замулення, формування сірководневої зони на межі водного середовища та донних відкладів. На цю проблему звернута увага Гриба Й. В., Сондака В. В., Петрук А. М. [6, С. 15–17].

Зміни гідрологічного режиму заболочених територій привели до зміни водності малих річок і озер, посилення процесів старіння і евтрофікації, здрібнення іхтіофауни. Процесами сукцесійних змін складу гідробіонтів займалися Гриб Й. В., Михальчук М. А., Володимирець В. О., Турчина К. П. [7, С. 3–20].

На сьогодні поставлено питання реабілітації трансформованих водно-болотних систем для відновлення рибопродуктивності (Гриб Й. В., Куньчик Т. М., Войтишина Д. Й., Михальчук М. А., Клименко М. О., Сондак В. В. та ін.) та реабілітації порушених річкових та озерних систем [8, С. 130–142].

Мета роботи. Виділити типи ризиків у річково-озерній мережі та суцесійних змін для розробки заходів з реабілітації та збагачення видового різноманіття аборигенної іхтіофауни та її продуктивності.

Результати та їх обговорення. У формуванні видового різноманіття аборигенної іхтіофауни та рибопродуктивності в аквакультурі природних водойм беруть участь значна кількість чинників. Серед них: динаміка сольового складу, органічні домішки, біогенні сполуки (органічний вуглець, мінеральні форми азоту і фосфору), розчинений кисень, якість води, маса живого корму, склад аборигенної іхтіофауни, фази гідрологічного режиму та водність, температурний режим.

Згідно комплексної взаємодії чинників формується склад гідробіонтів та іхтіоценозу, на який впливають ризики природного та антропогенного походження.

Серед них виділяють наступні ризики:

I – гідрологічні: зниження витрат води нижче екологічно обумовлених, щодо приймальної ємності водного середовища, осушення водно-болотних угідь, спрямлення русел;

II – термальні: тривале зниження температури і формування льодового покриву, особливо в непроточних водоймах; підвищення температури водного середовища, «цвітіння води» мікроводоростями, що при їх розкладі виділяють отруйні речовини (альгогтоксини);

III – трофічні: порушення умов формування живого корму на заплавах у весняний період та у заплавних екотонах у літній період; значна щільність посадки молоді;

IV – кліматичні: кризові ситуації в екстремальні періоди 11-річних циклів сонячної активності, що веде до зниження маси атмосферних опадів та температурних зрушень;

V – іхтіологічні: порушення умов відтворення аборигенної іхтіофауни на заплавах та руслах річок, неконтрольований вилов риби та зниження маточного поголів'я, природна смертність;

VI – антропогенні: скидання значної маси домішок, що перевищує приймальну ємність водного середовища, спрямлення русел та зниження чисельність проміжних екотонів, регулювання стоку;

VII – токсикогенні: стічні води промислових підприємств, кисл (рН<6,5) та лужні стоки (рН>8,5), атмосферні опади;

VIII – радіаційногенні: скидання стічних вод з домішками C_s-137, S_r-90;

IX – інфекційні впливи: бактеріальні, вірусні, гельмінти і квазії риб при забрудненні стічними водами, згущені посадки у застійних зонах, порушення якості води;

X – вплив штучних систем: недостатнє очищення стічних вод на біофільтрах та біоплато, полях фільтрації, дренажних вод сміттєзвалищ, зливових вод урбанізованих територій;

XI – зоогенні: при проникненні у водні об'єкти хворих риб.

Таким чином, комплексний вплив природних і антропогенних джерел формує певний тип складу біоценозів, сукцесійних змін, що визначає стан водойми, її продукційні характеристики.

Сукцесія – послідовна зміна в часі і просторі складу біоценозів під впливом природних і антропогенних чинників на певному відрізку річки або на її всій її довжині. Сукцесії біоценозів водного середовища поділяють на вихідні (первинні), що створюються природними умовами і надають річці стартові умови для розвитку біоти (сингенетичні), а також вторинні, що виникають на базі вже сформованих біоценозів після їх порушення одноразового, багаторазового або постійного, як наслідок порушень внутрішнього так і зовнішнього розвитку.

Методика визначення типу сукцесії включає глибокий системний аналіз змін гідробіологічного, гідрохімічного, іхтіологічного, гідрологічного та фізико-хімічного режимів водного середовища, умов формування річкового та поверхневого стоку, дії кліматичних змін, умов господарського використання водоохоронної зони, заплав та русел, інтенсивності формування твердого стоку. Для порівняння приймаються еталонні ділянки русел, що знаходяться вище створу спостережень або вище за течією еталонного басейну.

На основі проведених досліджень визначається тип сукцесії макробіоценозу річки та розробляються заходи із стабілізації стану екосистеми або її відновлення.

Кінцевою метою іхтіологічних досліджень малої річки є створення її екологічного паспорту, що включає гідрографічні характеристики, гідрологічний режим, структуру поверхні водозбору, якість води, вміст біогенних домішок, біопродуктивність за ценозами, наслідки господарської діяльності (табл. 1).

Таблиця 1

Екологічний паспорт річки

Характеристики	Значення для гирлових ділянок річки					
	1	2	3	4	5	6
Варіанти						
Загальні характеристики						
Площа басейну, км ²	7030	4120	1720	2050	27700	11700
Довжина річки, км	321	57	141	156	659	437
Витрати води, м ³ /с	0,97	0,72	0,84	1,07	3,10	1,60
Швидкість течії у межінь, м/сек	0,1	0,2	0,05	0,2	0,3	0,3
Середні глибини, м	1,0	0,5	0,3	0,5	0,8	0,9
Коефіцієнт звивистості	2,15	1,12	1,10	1,11	2,20	1,10
Наявність перепадів за всім профілем русла	не визначено					
Кількість паводків	1,0	1,0	1,0	2,0	9–10	8–9
Протяжність весняної повені, днів	60	20	5–7	7–12	30	30–45
Захищеність берегів, %	100	60	50	40	30	45
Структура поверхні водозбору						
– лісистість, %	4	0	1	14	18	22
– залужованість, %	40	35	26	30	30	32
– заболоченість, %	9	1	2	9	6	10
– озерність, %	0,3	0	0,1	0,1	0,1	0,2
– розораність, %	45	49	75	55	33	34
– урбанізованість території, %	3,5	3,0	2,5	3,0	2,0	2,2
– заповідні території, %	2,0	0	0	0	2,0	1,0
Якісні характеристики водного середовища						
Сорг, мг/дм ³	8,0	21,0	9,0	7,0	11,0	12,0
Min (NH ₄ ⁺), мг/дм ³	0,08	4,8	0,8	0,6	0,81	0,85
(NO ²⁻), мг/дм ³	0,01	0,28	0,03	0,015	0,10	0,09
(NO ³⁻), мг/дм ³	3,0	5,0	1,5	0,86	3,5	3,2
Рмін, мгР/дм ³	0,03	0,85	0,05	0,08	0,18	0,19
Загальне мікробне число, млн кл/мл	3,3	8,9	4,9	4,1	5,6	5,0
Чисельність кишкової палички, тис. кл/мл	не виявлено					

продовження табл. 1

Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	2,0	5,0	3,0	5,0	6,0	8,0
Видовий склад іхтіофауни (загальна чисельність видів)	15	12	12	15	17	18
Зміни у видовому складі риб за остатні роки	5	4	8	2	7	6
Заростання водного дзеркала макрофітами, %	70	12	10	8	6	8
Видовий склад макрофітів	15	5	5	12	10	15
Місця скидання стічних вод, км від гирла	Встановлюється за паспортами річок або картами					
Явища заморів риб: літні, зимові, масовість, часові характеристики (п)	Зимові, щороку середня течія	Зимові, літні, гирло	Не зареєстровано	Зимові стічні води, м. Дубно	Зимові, літні нижче міста та РЗО «Азот»	Зимові
Інші характеристики:						
Енергетична субсидія, Сорг/сек	10,0	12,0	10,0	8,0	14,0	15,0
Гідротехнічне будівництво (шлюзи, греблі)	Встановлюється за паспортами річок або картами					
Меліоративне будівництво (зміна характеру поверхні водозабору, %)	8	60	30	18	30	15
Коефіцієнт зарегульованості, К	0,1	0,1	0,5	0,5	0,15	0,3

Примітка: 1 – р. Удай; 2 – р. Шостка; 3 – р. Берда; 4 – р. Іква; 5 – р. Горинь; 6 – р. Стир.

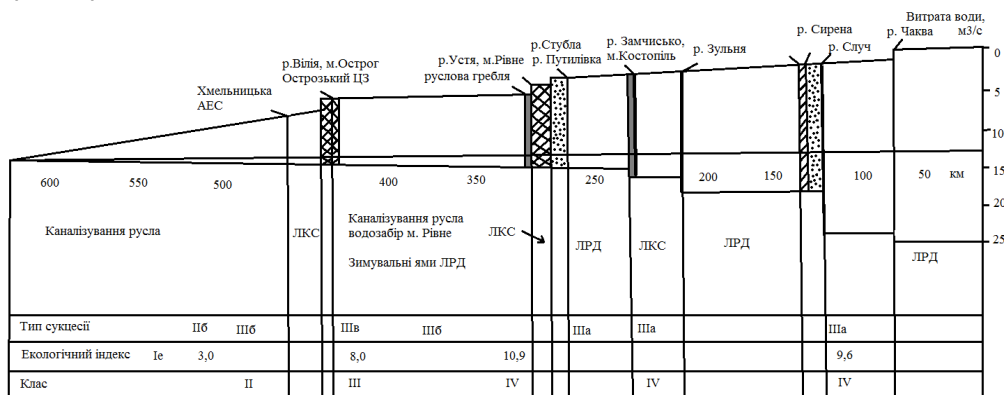


Рис. 1. Формування сукцесій гідро біоценозів за профілем русла і приток першого порядку р. Горинь під впливом абіотичних чинників
Скорочення: ЛРД – локальна рибовідтворна ділянка; ЛКС – локальна кризова ситуація під впливом стоків урботериторій.

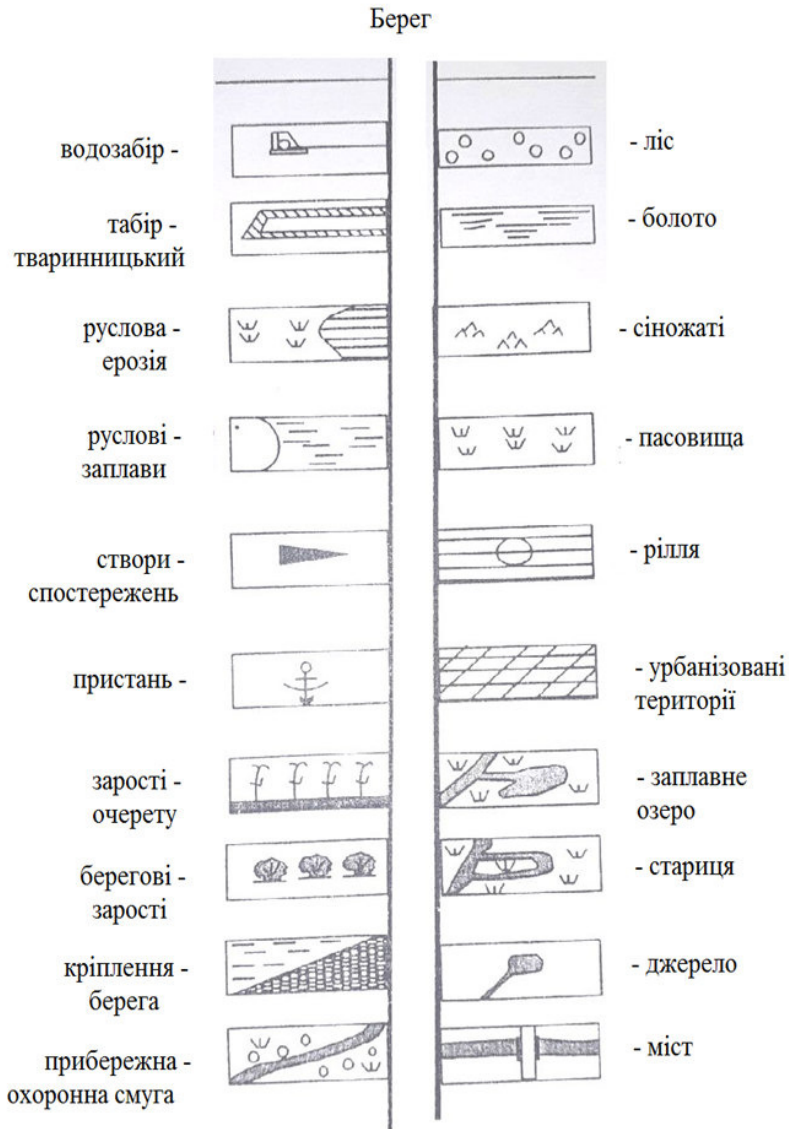


Рис. 2, а. Умовні позначення для складання ситуаційної схеми у басейні річки



Рис. 2, б. Умовні позначення для складання ситуаційної схеми у басейні річки

Типізація сукцесій дає ключ для розвитку риборибництва та заходів з реабілітації порушених річкових систем. В першу чергу це охорона та заповідання локальних рибовідтворюваних ділянок, ліквідація джерел забруднення та формування локальних кризових ситуацій.

Враховуючи лімітуюче значення стоків урбанізованих територій (біля 70% домішок), необхідне використання заплавних боліт, ветлендів, біологічних ставків у доочищенні стічних вод, формування живого корму. У формуванні стійкості річкових екосистем переважне значення набуває чисельність проміжних екотонів. Можна скористатись формулою визначення стійкості St :

$$St = \frac{N_{\text{екотонів}}}{N_{\text{стресових ситуацій}}} . \quad (1)$$

Таблиця 2

Чисельність проміжних зон р. Устя за її профілем

Створи	Очисні споруди	Заплавні стави	Басівкутьське водосховище	Зозівський став	Рибоводний став	Лучна заплава	N, екотонів
Нижче м. Здолбунів	+	+	+	+	+	+	6
Нижче м. Рівне	+	+	-	+	+	+	5
Спряmlена ділянка русла, нижня течія	-	-	-	-	+	+	2

Стресові ситуації за профілем:

1. Стоки м. Здолбунів; 2. Стоки прилеглих житлових масивів; 3. Стоки м. Рівне; 4. Зарості ВВР, став с. Зозів; 5. Зарості ВВР, Басівкутьське водосховище; 6. Зливовий стік м. Рівне; 7. Стоки об'єднання «Азот»; 8. Стоки заводу тракторних запчастин; 9. Стоки промвузла.

Таким чином стійкість річки Устя, по створах: нижче м. Здолбунів становить 2,0; нижче м. Рівне становить 0,62 (рис. 2, а, 2, б).

Висновки

1. Русло річки є зоною ризику для рибництва внаслідок значної чисельності надходження домішок як природного, так і антропогенного характеру агентів, що змінюються у часі і просторі.

2. Гарантією відтворення аборигенної іхтіофауни у річково-озерній мережі є чисельність межових проміжних зон (екотонів), що дає можливість формування якості води, продукції живого корму та збереження маточного поголів'я риб у водоприймачі.

3. Умовою відтворення риб у річково-озерній мережі є поєднання фаз гідрологічного режиму поверхневих вод та проміжних екотонів заплав, стариць, заплавних озер при умові стійкості затоплення, збереження трав'яного субстрату на заплаві, розвитку живого корму, шляхів скочування молоді.

4. Для збереження прісноводної аквакультури річково-озерної мережі необхідне поєднання природних умов та компенсаційних заходів із збереження локальних рибовідтворюваних ділянок та їх відтворення.

1. Гриб Й. В. До питання класифікації сукцесій біоценозів малих річок. *Матеріали з'їзду гідроекологічного товариства України*. Київ, 1994. С. 77–79.
2. Реабілітація порушених річкових та озерних систем (гідроекологія, іхтіоекологія, економіка, управління) / Й. В. Гриб, М. О. Клименко, В. В. Сондак, Д. Й. Войтишина та ін. Вінниця, 2015. 424 с.
3. Моніторинг природокористування та стратегія реабілітації порушених річкових і озерних екосистем : навч. посіб. / Й. В. Гриб, М. О. Клименко, В. В. Сондак, А. В. Гуцол та ін. Вінниця : ФОР РОГАЛЬСЬКА І. О., 2015. 486 с.
4. Гриб Й. В. Екологічна оцінка стану річкових басейнів рівнинної частини території України (охорона, відновлення, управління). Рівне, 2000. 405 с.
5. Гриб Й. В., Сондак В. В., Волкошовець О. В., Войтишина Д. Й. Формування ризиків вживання іхтіофауни у річкових басейнах України. Концепція науки. *Рибогосподарська наука України*. Київ, 2018. № 2. С. 7–29.
6. Гриб Й. В., Сондак В. В., Петрук А. М. Концепція ризиків при виловлюванні молоді риб у іхтіоекосистемах. *Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції*. Київ, 2019. С. 15–17.
7. Гриб Й. В., Михальчук М. А., Володимирець В. О., Турчина К. П. Сучасна екоіхтіофізіологія заболочених територій, формування сукцесійних змін фітоценозів. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. 2018. Вип. 1(81). С. 3–20.
8. Гриб Й. В., Кунчик Т. М., Войтишина Д. Й., Михальчук М. А. Концептуальні основи реабілітації водних об'єктів басейну р. Прип'ять та Шацького національного природного парку. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. Праць. 2016. Вип. 1(73). С. 130–142.

REFERENCES:

1. Hryb Y. V. Do pyttannya klasyfikatsii suktsesii biotsenoziv malykh richok. *Materialy zizdu hidroekolohichnoho tovarystva Ukrainy*. Kyiv, 1994. S. 77–79.
2. Reabilitatsiia porushenykh richkovykh ta ozernykh system (hidroekolohiia, ikhtiekolohiia, ekonomika, upravlinnia) / Y. V. Hryb, M. O. Klymenko, V. V. Sondak, D. Y. Voityshyna ta in. Vinnytsia, 2015. 424 s.
3. Monitorynh

pryrodokorystuvannya ta stratehiia rehabilitatsii porushenykh richkovykh i ozernykh ekosystem : navch. posib. / Y. V. Hryb, M. O. Klymenko, V. V. Sondak, A. V. Hutsol ta in. Vinnytsia : FOP Rohalska I. O., 2015. 486 s. **4.** Hryb Y. V. Ekolohichna otsinka stanu richkovykh baseiniv rivnynnoi chastyny terytorii Ukrainy (okhorona, vidnovlennia, upravlinnia). Rivne, 2000. 405 s. **5.** Hryb Y. V., Sondak V. V., Volkoshovets O. V., Voityshyna D. Y. Formuvannia ryzykiv vzhyvannia ikhtiofauny u richkovykh baseinakh Ukrainy. Kontsepsiia nauky. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. Kyiv, 2018. № 2. S. 7–29. **6.** Hryb Y. V., Sondak V. V., Petruk A. M. Kontsepsiia ryzykiv pry vylovliuvanni molodi ryb u ikhtioekosystemakh. *Zbirnyk materialiv I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kyiv, 2019. S. 15–17. **7.** Hryb Y. V., Mykhalchuk M. A., Volodymyrets V. O., Turchyna K. P. Suchasna ekoikhtiofiziolohiia zabolochenykh terytorii, formuvannia suksesiinykh zmin fitotsenoziv. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky* : zb. nauk. prats. 2018. Vyp. 1(81). S. 3–20. **8.** Hryb Y. V., Kunchyk T. M., Voityshyna D. Y., Mykhalchuk M. A. Kontseptualni osnovy rehabilitatsii vodnykh obektiv baseinu r. Prypiat ta Shatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky* : zb. nauk. Prats. 2016. Vyp. 1(73). S. 130–142.

Hryb Y. V., Doctor of Biological Science, Professor, Poltavchenko T. V., Candidate of Veterinary Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne),
Kovalchuk S. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Teacher of the Highest Category (SSU «Rivne Technical Professional College of NUWEE»), **Mykhalchuk M. A., Senior Lecturer, Voityshyna D. Y., Applicant** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INFLUENCE OF ECOLOGICAL RISKS ON THE FORMATION OF SUCCESSIONAL BIOCENOSES IN THE RIVER-LAKE NETWORK, FISH PRODUCTIVITY AND SPECIES DIVERSITY OF ICHTHIOFAUNA

River network is a dynamic system with the influence of a significant number of factors of natural and anthropogenic character affecting the quality and reproduction of aboriginal ichthyofauna.

Despite the large area of the water mirror and the density of the river network, the aquaculture of natural water bodies is in crisis both by water quality and by weight of natural feed, reducing the number of intermediate ecotones, breeding stock. However, today there are still

natural localities for the reproduction of aboriginal fish species on the river Horyn (Derazhne, Stepan, Dubrovytsia, Vysotsk), on the river Sluch (floodplain in the alignment of village of Kolky with floodplain lakes). Populations of carp, silver carp, individual species of paddlefish penetrating from farm fish farms, in particular in the alignment of below smt. Derazhne, village Shubkiv are marked. The paper identifies environmental risks affecting the species diversity of native aboriginal ichthyofauna, fish productivity and the formation of successional changes in hydro bionts.

It is clearly necessary to develop a "Small Rivers and Lakes" program to address the risks of impact on the aquatic environment and rehabilitation and reproduction of species diversity of natural water bodies (natural aquaculture) as a component of the trophic chain system. As a direction of obtaining marketable fish products, a combination of fish floodplains and ponds (separation of part of shallow water reservoirs) as well as a combination of specialized farms for feeding carp fish, white cupid, pike perch, even fishing teams worked. The basis of fish farming were ponds (Dubno, Ostrig, Peresopnytsia, Olyka). However, when the ecosystem of rivers is improved, risks are minimized, natural fish productivity will be restored.

***Keywords:* ecological risks; successional changes of hydro bionts; fish productivity; species diversity.**

Залеський І. І., к.геогр.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, i.i.zaleskyi@nuwm.edu.ua)

СТАН ТРАНСКОРДОННОГО БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ «ЗАХІДНЕ ПОЛІСНЯ»

Для активізації транскордонної співпраці в екологічній сфері реалізуються проєкти за єдиними програмами та методиками досліджень, що контролюється спеціалізованими інституціями. Таким був проєкт ЮНЕСКО «Людина і біосфера» створений для вивчення стану навколишнього природного середовища у 1970 р. у поліській зоні в межах Республіки Польщі, України та Білорусії. Тоді були визначені конкретні території з близькими за умовами функціонування: кліматичними, геолого-гідрологічними, біолого-ботанічними, сільськогосподарськими, соціальними та рекреаційними особливості даний резерват знаходиться в басейні річки Західний Буг.

Вимоги, які були поставлені державам-реалізаторам розпочали впроваджуватись лише у 90-х роках минулого сторіччя. Кожна з держав проводила дослідження за національними програмами. Пізніше, у 2004 р. була створена трьохстороння робоча група та визначені напрямки розвитку резерватів.

На Польській частині функціонує «Поліський парк Народовий» з центром в м. Уршулін; на Українській частині – «Шацький біосферний резерват» утворений на базі Шацького національного парку з базуванням у смт Шацьк.

На Білоруській частині транскордонного резервату знаходиться «Біосферний заповідник Прибузьке Полісся» з базою в м. Брест.

У Поліському парку Народовім головними об'єктами охорони є найбільші за площею торфовища в межах яких побудовані туристичні стежки. Домінантними є низинні торфовища з добре розкладеним торфом який використовується місцевим населенням для опалення. Дуже багатими є лісові масиви та підліскові біоценози [6].

Територія Шацького Поозер'я поділена на 4 зони серед яких 26,5% віднесені до регульованої рекреації. Кожний з резерватів має свою наукову спрямованість: Ростанський – лісовий; «Озеро Соминець» – іхтіологічний; «Пулемецький» – торфовищно-ботанічний; «Піщанський» – гідрологічний [2].

У 2004 році був визнаний ЮЕСКО Білоруський «Резерват Прибугское Полесье», по якому ми надаємо тільки ті характеристики, які були на період його створення.

Ключові слова: резерват; Західне Полісся; біосфера; торфовища; дослідження; меліорація; Світязь; екологічний стан.

Постановка проблеми. Прошло більше 20-ти років з початку формування троїстого союзу для функціонування транскордонного (Польща, Україна, Білорусь) біосферного резервату «Західне Полісся», але узагальнюючих результатів не розглянуто. Кожна з країн-учасниць проводить комплексне дослідження на своїй території в межах національних екологічних вимог, дотримуючись всесвітніх позицій, в основному вимог ЮНЕСКО.

Узагальнені напрямки витримуються, але розробкою єдиних для усіх позицій вивчення не досягнуто.

Представлена робота розроблена на фактичних українських та частково на польських матеріалах. Позиції Білорусі є не визначеними по причині віднесення її до війни Росії з Україною, на боці Росії, що виключає будь-яку наукову, економічну та політичну діяльності України та країн Євросоюзу.

В подальшому нами приведена інформація по Білорусі на період формування транскордонного біосферного трьохстороннього резервату. Проведений аналіз матеріалів та розроблені пропозиції, в основному, по осушених меліораціях, повинні, можливо з незначними змінами, впроваджуватись у розвиток транскордонного резервату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Унікальність Шацького поозер'я сформувалась завдяки комплексному вивченню його природних особливостей впродовж тривалих досліджень кінця 19-го та початку 20-го сторіччя тогочасними фахівцями та інституціями нинішнього часу.

Так, у 1899 р. вивчаючи геологічні особливості цього краю, академік П. Тутковський у статті «Озеро Світязь и народные предания о нем» дає вичерпну характеристику території поліської

зони Волині, відзначаючи карстовий генезис групи Шацьких озер. Видатний зоолог Б. Дибовський у публікації «Два Світязя» у 1911 р. розглядає питання рекреаційного використання Шацьких озер. Він відзначає перевагу озера Світязь над озером Балатон, що в Угорщині.

Значний вклад у вивчення природи Шацьких озер внесли польські дослідники С. Кульчинський та В. Тимракевич (1935 р.). Вони відзначають поширення ялини – цінної лісоутворювальної породи у «без'ялинковому поясі». В той час вивчались торфовище Полісся та батиметрія озер (С. Ленцевич, 1931 р.) [2].

Вивченню історії розвитку рослинності в голоцені присвячені роботи А. Артюшенко (1957). Характеристику гідробіологію озер наводить Л. Ялинська (1953), геологічні умови плейстоцену характеризує А. Богуцький (1975).

У 1974 році чотири озера – Світязь, Пісочне, Пулемецьке і Кримне – оголошені ландшафтними заказниками республіканського значення і взяті під охорону держави. Завдяки зусиллям науковців, журналістів та інших представників громадськості у 1984 р. був створений Національний парк. Пізніше і до наших днів в межах Національного парку проводяться наукові дослідження за різними природоохоронними напрямками.

Так, у 2014 р. під керівництвом І.І. Залеського вийшла монографія Шацьке Поозер'я т.1. Геологічна будова та гідрогеологічні умови [3].

Безперервні гідробіологічні дослідження проводить Інститут гідробіології АН України (Й. Гриб), Департамент екології та природних ресурсів Волинської облдержадміністрації, український інститут досліджень навколишнього середовища і ресурсів, частково НУВГП, Геологічний інститут України та інші [7].

Польська частина резервату досліджується фахівцями Інституту геологічних наук у Варшаві, науковцями Люблінського університету Марії Кюрі-Складовської, відомчими екологічними організаціями.

У радянські часи (в 1960–1966 рр.) у верхів'ях річки Копаївка здійснено масштабне осушення земель – на площі 4750 га. На жаль при проектуванні і будівництві меліоративної системи були допущені прорахунки і помилки.

Зокрема при проектуванні не були враховані скидання води з оз. Світязь і умови водного живлення озер Луки та Клімівське;

руслові шлюзи побудовані без урахування наступного осаду торфу під впливом осушення; не розібраний шпунтовий ряд від водяного млина на відрегульованому водоприймачі (р. Копайвка) тощо. Побудована система працювала незадовільно і на значній площі не забезпечувала запроектованої норми осушення [2].

Розпочате в 1974 році будівництво Верхньоприп'ятської осушувальної системи передбачало осушення масиву боліт у верхів'ях річки Прип'ять на площі понад 25 тис. га. Меліорація проходила до організації національного парку, у часи, коли екологічні вимоги щодо подібного будівництва були лояльнішими від сучасних. Це осушення призвело до зміни в регіоні водного режиму, і зникнення десятків біологічних видів.

У 1977 році за завданням Мінводгоспу УРСР Український науково-дослідний інститут гідромеліорації, Укрдіпроводгосп, Львівська гідрогеолого-меліоративна експедиція, Державна водна інспекція Полісся, Київський державний університет провели цикл досліджень з оцінки існуючої меліоративної ситуації в районі Шацьких озер.

Згідно із «Програмою заходів щодо створення мережі заповідних територій, що охороняються, та ренатуралізації водно-болотних комплексів Полісся» постановою Кабінету Міністрів № 935 від 23 листопада 1995 р. район Шацьких озер вибрано як полігон із відновлення водно-болотних угідь.

На виконання рішень Рамсарської конвенції про охорону місць гніздування і відпочинку перелітних птахів водно-болотні екосистеми Шацького НПП були включені в облік особливо цінних в Україні. У зв'язку із цим працівники парку провели вишукувальні роботи на окремих озерах і мали на меті повернення їх до первісного стану [1].

Модельною ділянкою для здійснення практичних заходів ренатуралізації водно-болотних угідь у межах Шацького НПП був обраний район оз. Кримне. Площа реконструкції становила 440 га.

Це перший в Україні досвід ренатуралізації водно-болотних угідь.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Мета досліджень полягала в удосконаленні функціонування транскордонного біосферного резервату «Західного Полісся», особливо в межах меліорованих масивів перезволожених ґрунтів та

торфовищ. Впровадити ґрунтозахисні методи відновлення та збереження оптимального екологічного стану території.

Об'єкт досліджень. Прикордонні території Республіки Польща, України та Республіки Білорусь, що віднесені до транскордонного біосферного резервату «Західне Полісся».

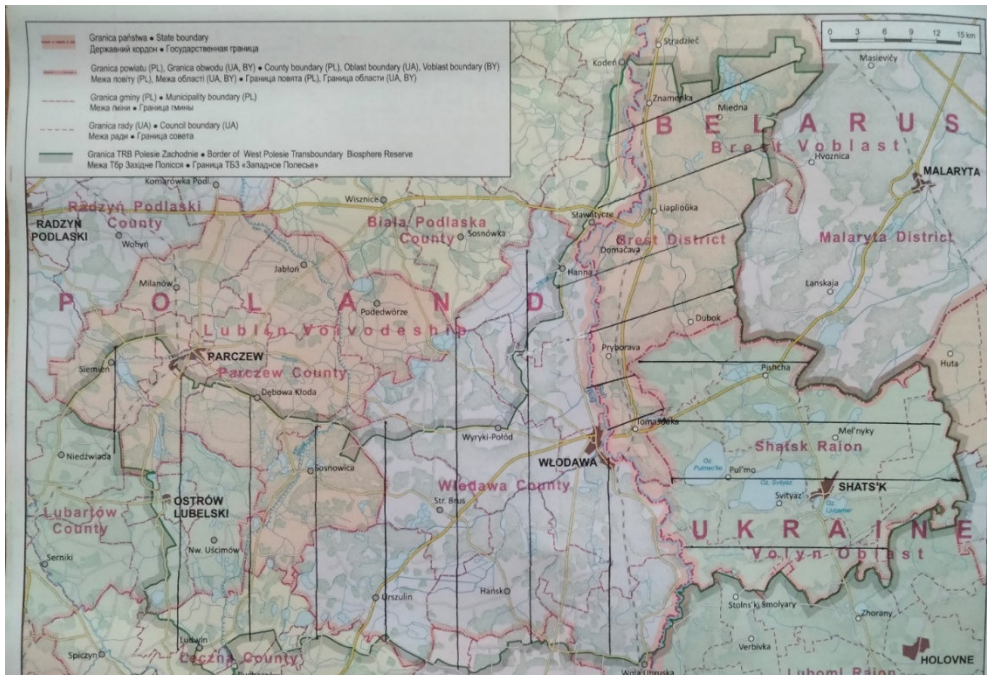


Рисунок. Транскордонний біосферний резерват «Західне Полісся»

Методи досліджень. Аналіз фондових матеріалів кожної із сторін резервату з початку його функціонування. Характеристики проявів клімату на відомчих територіях; визначення гідрологічних змін у басейні річки Західний Буг; гідро- та метрометричні виміри стану торфовищ визначення екологічних змін на опорних ділянках; опрацювання статистичних даних у межах комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу досліджень. Біосферний резерват є міжнародним об'єктом, який створений за програмою охорони природного середовища ЮНЕСКО «Людина і Біосфера» у 1970 році, але реалізація вимог здійснилась лише у 90-х роках минулого сторіччя. Основними засадами стали: функція збереження – забезпечення збереження біологічного і культурного різноманіття;

функція розвитку – економічний розвиток на регіональному рівні, економічно та екологічно врівноважений; функція освіти, досліджень та моніторингу локальних та регіональних проблем, вирішення яких забезпечує сталий розвиток території.

Відповідно до вимог, біосферні резервати повинні включати в себе три зони:

a. Core area – заповідна, для виконання функцій довготермінової охорони;

b. Buffer zone – буферна, яка оточує або прилягає до центральної зони, є чітко окресленою у просторі;

c. Transition zone – зона співробітництва, в якій пропагується і розвивається практика збалансованого управління ресурсами.

Світова мережа біосферних резерватів становить 631 об'єкт, у 119 країнах, в тому числі троїстих транскордонних – 14.

Транскордонний біосферний резерват Західне Полісся (ТБР Західне Полісся) займає площу понад 2600 км² на території Республіки Польща, України та Білорусі. У його складі виділено три національні резервати на польсько-українсько-білоруському пограниччі. У Польщі в 2002 року створений резерват Поліський парк Народовий, який охоплює Ліщиньсько-Влодавське поозер'я та поліську частину долини Західного Бугу [6].

В Україні, в той же час створений біосферний резерват – Шацький національний парк, а в Білорусі – територія прикордонної частини Прибузького Полісся.

Формально, діяльність троїстого транскордонного резервату розпочата у 2002 році, але тільки у 2004 році, в Парижі представники Польщі, України та Білорусі погодили спільний план та створили трьохсторонню робочу групу.

ТБР Західне Полісся знаходиться на межиріччі Балтійського та Чорноморського річкових басейнів Західного Бугу та Прип'яті, що характеризує середньоєвропейський біогеографічний регіон, який забезпечує однорідні кліматичні умови та сприяє динамічному розвитку цих територій. Так, у географічному вимірі територія Поліського парку Народового знаходиться в межах 51°20'–51°35'ПнШ; територія Шацького національного парку обмежена 51°25'–51°45'; Білоруська частина резервату дещо витягнута у меридіональному спрямуванні в межах 51°40'–51°50'.

Поліський парк Народовий є одним з трьох польських водно-торфовищних парків. Його площа 9764 га. Головними об'єктами

охорони є торфовища, що утримують цінні види флори та фауни. Тут у природному стані утримуються торфовища – Орловське, Мочне, Довге і Красне. Другим типом охоронних об'єктів є верхові торфовища, що поросли болотною сосною та гідрофільною рослинністю. Найціннішими рахуються болота Багно та Дурне. На усій території домінують низинні торфовища з добре розкладеним торфом який використовується для опалення. На указаних торфових болотах переважають осиково-березові кущі. В межах болотних масивів прокладені туристичні шляхи : велосипедні, кінні, та 6 пішохідних доріжок загальною протяжністю 14 кілометрів. Усі об'єкти обладнені відповідною екскурсійною інформацією. Наприклад, екологічна стежка «Дуб Домінік» презентує декілька типів лісів : грабові високі та низькі, вільхові, соснові, змішані болотні. На трасі стежки пересихаючі ділянки торфовищ та заростаюче озеро Мочне. Зустрічаються післяльодовикові релікти: береза низька, верба боровколиста тощо [6].

З погляду на високу кислотність підстилки і недоступність азоту, на торфовищах зустрічається росичка круглолиста і довголиста. Поширеними є торфовищні мохи. В озері на глибині 18.0 м зустрічається реліктова риба strzebla.

Українська частина. Шацький біосферний резерват утворено у 2002 році на базі Шацького національного парку, що існує з 1983 року, а у 1999 році його площа збільшилась з 32800 до 48977 га.

В межах резервату знаходиться комплекс найбільших озер України з озером Світязь (близько 2600 га, та максимальною глибиною 58,4 м), а також значні площі торфовищ, мілкі притоки р. Прип'ять, витік якої знаходиться в районі Столенських Смолярів із болотних масивів. У західній частині резервату є незначні фрагменти долини Західного Бугу.

Через Шацьке поозер'є проходить вододіл між басейнами Чорного та Балтійського морів.

У структурі використання ґрунтового покриву переважають ліси, площа яких становить половину території резервату. Поверхневі води охоплюють 14,2%, торфовища – 4%, лучні поверхні займають 6,8%, а 25% займають сільськогосподарські угіддя та населені пункти.

Територія парку для виконання покладених на нього завдань та відповідно до генерального плану і Закону України «Про природно-

заповідний фонд України» поділена на 4 функціональні зони: заповідна – 10,5%, зона регульованої рекреації – 26,5%, зона стаціонарної рекреації – 2%, господарська зона – 61% [1].

Флора резервату об'єднує понад 800 видів рослин, 41 з яких віднесені до Червоної Книги України. Фауна представлена 55 видами ссавців, 241 вид птахів, 17 видів плазунів, та 30 видів риб, серед яких знамениті вугри. Згадана територія багата вовками, чорними лелеками, болотними черепахами тощо. На просторах Української частини ТБР «Західне Полісся» знаходяться наступні заказники та пам'ятки природи: Резерват ботанічний «Венський» площею 130 га, знаходиться поблизу с. Ростань. Утворений на підставі ухвали Ради Міністрів України № 132 від 25.02.1980 р., як унікальне евтрофічне торфовище заросле сосною та березою з болотним різнотрав'ям, серед якого зустрічаються екзоти занесені до Червоної Книги України – журавлина дрібнолиста, росичка довголиста та інші.

Резерват «Ялиник» площею 83 га, представлений дорогоцінними сосново-ялиновими різновидами, віком 120–170 років.

Резерват лісний «Ростанський» площею 14,6 га, знаходиться біля с. Кам'янка. Виступає як плантація насіння сосни, закладений у 1967 році, що використовує селекційне насіння з 63 пунктів України та країн Прибалтики, яке поширюється для Західних країн перезволоженим кліматом.

Резерват іхтіологічний «Озеро Соминець» площею 46 га, що на околиці смт Шацьк. Утворений у 1983 році як озеро карстового походження.

Резерват гідрологічний «Пулемецький» площею 112,4 га, що поблизу с. Пулемець. Вважається цінним торфовищем, що поросло різноманітним трав'яним покривом де зустрічаються екзоти занесені до Червоної Книги України [5].

Резерват гідрологічний «Піщанський» площею 607,4 га. Це сформоване торфовище, що поросло березово-вербовими кущами. У підліску зустрічаються Червонокнижні екзоти довголистої роснички.

Багаторічна пам'ятка природи «Дуб-скельний», який вже 300 років стоїть на повороті до с. Кам'янка. Поблизу смт Шацьк знаходяться ще дві пам'ятки «Сосни і Дуба», яким по 125 та 150 років, відповідно.

Білоруська частина. Біосферний резерват Надбужанське Полісся утворений у 2003 року в південній частині Брестського району площею 7950 га. Впродовж року він розширився до 48024 га і вже у 2004 року отримав статус «Резерват Прибугское Полесьє» і був визнаний резерватом біосфери ЮНЕСКО. Характерними особливостями рівнини, що тяжіє до долини Західного Бугу є горбисті форми у вигляді еолових дюн, що приурочені до терас на узбережжі озер. Дюни мають параболічний характер з асиметричними сторонами, висотою до 25 м та протяжність до кількасот метрів.

В структурі землекористування домінують ґрунти зайняті лісом – 89,3% поверхні резервату. Значні площі займають водонасичені ґрунти зокрема болотні масиви – 1,2%, застійні та проточні води – 2,6%. Орні землі займають тільки 2,2% території. У гідрографічній мережі основною є долина Західного Бугу з її правою притокою р. Копаївкою, яка витікає з озера Луки (Україна). Південна частина резервату віднесена до найтеплішого регіону Білорусі, де вегетаційний період триває 210 днів [4].

Флористика вміщує понад 680 типів рослин, значна частина яких досягає межі їхнього природного поширення. Це впливає на екологічний стан цього природного вузла.

У зв'язку з війною Росії з Україною, де Білорусь виступає на боці загарбника, наукові та державні зв'язки Польщі та України з Білоруссю розірвані.

Висновки. З викладеного матеріалу, у якому схарактеризований стан транскордонного біологічного резервату «Західне Полісся» виходить, що за виключенням Білорусі, Україна та Польща дотримуються методики проведення та розвитку резервату передбаченої ЮНЕСКО.

Так, Поліський парк Народовий зосереджує свою діяльність на природному збереженні торфово-болотних угруповань, в межах яких прокладені туристичні стежки та вичерпна інформованість населення щодо екологічного стану резервату. На базі в м. Уршуліні проводяться наукові дослідження земноводних, зокрема болотних черепах, а також функціонує музей резервату, зоопарк та освітньо-розважальні заклади.

Шацький біосферний резерват організований на меліорованих землях Волинського Полісся, що зумовлює основні напрямки його

функціонування. За багаторічний період проведення робіт визначені районовані меліоративні заходи, зокрема : агротехнічні, гідротехнічні та біологічні. Агротехнічні заходи базуються на правильному веденні польових робіт, гідротехнічні меліорації, в основному, полягають у регулюванні водно-повітряного режиму ґрунтів для виробництва різноманітних сільськогосподарських культур. Порушені землі необхідно рекультивувати вводячи їх у залуження. Значна увага приділяється орнітології.

Отже, польська та українська частини резервату доповнюють одна одну напрямками досліджень та бажано щоб ці доповнення забезпечували охоронні функції спільної екосистеми.

1. Залеський І. І. Еволюція природи Шацького поозер'я в антропогені. *Науковий вісник Волинського держ. ун-ту ім. Лесі Українки. Шацький національний природний парк регіональні аспекти, шляхи та напрямки розвитку* : матеріали Першої Міжнародної науково-практичної конференції. 2007. № 11. Ч. 1. С. 65–69. 2. Мельник Валерій. Перлина Європи – Шацькі озера. ПВД «Твердиня» Луцьк, 2009. 48 с. 3. Шацьке поозер'я. Т. 1. *Геологічна будова та гідрогеологічні умови* : монографія / І. І. Залеський, Ф. В. Зузук, В. Г. Мельничук та ін. Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. 190 с. 4. Зузук Ф. В., Залеський І. І. Природа Західного Полісся, прилеглого до Хотиславського кар'єру Білорусі : монографія. Луцьк : П.П. Іванюк, 2014. 246 с. 5. Szymanski Jaroslaw. Poleski Park Narodowy. Urszulin. Wydawnictwo Kartogram. www. Warszawa pl. 2022 г. 6. Гриб Й. В., Макієвська Л. В. Реперні характеристики стану річки Західний Буг у прикордонній смузі Українсько-Польського кордону періоду кінця ХХ ст. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. Рівне, 2023. Вип. 1(101). С. 67–83.

REFERENCES:

1. Zaleskyi I. I. Evoliutsiia pryrody Shatskoho poozeria v antropoheni. *Naukovyi visnyk Volynskoho derzh. un-tu im. Lesi Ukrainky. Shatskyi natsionalnyi pryrodnyi park rehionalni aspekty, shliakhy ta napriamky rozvytku* : materialy Pershoi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. 2007. № 11. Ch. 1. S. 65–69. 2. Melnyk Valerii. Perlyna Yevropy – Shatski ozera. PVD «Tverdinya» Lutsk, 2009. 48 s. 3. Shatske poozeria. T. 1. Heolohichna budova ta hidroheolohichni umovy : monohrafiia / I. I. Zaleskyi, F. V. Zuzuk, V. H. Melnychuk ta in. Lutsk : Shhidnoievrop. nats. un-t im. Lesi Ukrainky, 2014. 190 s. 4. Zuzuk F. V., Zaleskyi I. I. Pryroda Zakhidnoho Polissia, prylehloho do Khotyslavskoho kariery Bilorusi : monohrafiia. Lutsk : P.P. Ivaniuk, 2014. 246 s. 5. Szymanski

Jaroslaw. Poleski Park Narodowy. Urszulin. Wydawnictwo Kartogram. www. Warszawa pl. 2022 r. 6. Hryb Y. V., Makiievska L. V. Reperni kharakterystyky stanu richky Zakhidnyi Buh u prykordonnii smuzi Ukrainsko-Polskoho kordonu periodu kintsia XX st. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. Rivne, 2023. Vyp. 1(101). S. 67–83.

Zaleskyi I. I., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water Management and Nature Management, Rivne, i.i.zaleskyi@nuwm.edu.ua)

STATE OF THE TRANSBOUNDARY BIOSPHERE RESERVE "WESTERN POLISSIA"

To intensify cross-border cooperation in the environmental sphere, projects are being implemented according to uniform research programs and methods controlled by specialized institutions. This was the UNESCO project "Man and the Biosphere", created to study the state of the environment in 1970. in the Polissya zone within the Republic of Poland, Ukraine and Belarus. Then specific territories with similar operating conditions were identified: climatic, geological-hydrological, biological-botanical, agricultural, social and recreational features, this reserve is located in the basin of the Western Bug River.

The requirements that were put to the implementing states began to be implemented only in the 90s of the last century. Each of the states conducted research on national programs. Later, in 2004, a trilateral working group was established and directions for the development of reserves were determined.

On the Polish part there is a "Polesie Narodowy Park" with its center in Urshulin; on the Ukrainian part – "Shatsk Biosphere Reserve" was formed on the basis of the Shatsk National Park based in the village of Shatsk.

On the Belarusian part of the cross-border reserve there is the "Biosphere Reserve Prybuzke Polissya" with a base in Brest.

In Narodov Park in Polesye, the main objects of protection are the largest peatlands in area, within which hiking trails have been built. Lowland peatlands with well-decomposed peat, which is used by

the local population for heating, are dominant. Forests and understory biocenoses are very rich [6].

The territory of Shatsk Lake Region is divided into 4 zones, among which 26.5% are classified as regulated recreation. Each of the reserves has its own scientific orientation: Rostan – forest; "Lake Somynets" – ichthyological; "Pulemets" – peatland-botanical; "Peschansky" – hydrological [2].

In 2004, the Belarusian "Pribugskoe Polesie Reserve" was recognized by UESCO, according to which we provide only those characteristics that were at the time of its creation.

***Keywords:* reserve; Western Polissia; biosphere; peatlands; research; land reclamation; Svityaz; ecological state.**

Караїм О. А., к.е.н., доцент, Цьось О. О., к.с.-г.н., доцент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, oksana.tsos@vnu.edu.ua, olha.karaim@vnu.edu.ua), **Бакараєв О. А.** (ТОВ «ВОЛИНЬЕКОПРОМПРОЕКТ», м. Луцьк, vepp@ukr.net); **Бєдункова О. О., д.б.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua), **Караїм В. П., аспірант, Хомацький В. М., магістр** (Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, karaim.volodymyr@vnu.edu.ua, khomatskyi.viacheslav2022@vnu.edu.ua)

ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ВИРОБНИЦТВІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Із кожним роком все більш актуальною стає проблема дослідження стану атмосферного повітря та впливу на нього викидів забруднюючих речовин. З цієї причини, в сучасних умовах, господарські підприємства, зокрема із виробництва асфальтобетону, повинні бути досліджені та контрольовані з метою визначення оцінки їх впливу на довкілля. У статті представлено результати дослідження особливостей технологічного процесу виробництва асфальтобетону, що відноситься до 2 групи підприємств. Здійснено аналіз джерел утворення забруднюючих речовин на досліджуваному підприємстві, розташованому у Ковельському районі Волинської області. Описано методи визначення показників концентрацій та методики визначення величин викидів. Показано визначення розрахунків забруднення атмосфери на ЕОМ. Описано результати розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Здійснено аналіз видів та обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами. З'ясовано, що стаціонарними джерелами підприємства в атмосферне повітря викидається 10266 т/рік забруднюючих речовин, із них небезпечними є 2,76 т/рік. Концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, із врахуванням існуючого фонового забруднення, на межі

нормативної санітарно-захисної зони не перевищують гігієнічних нормативів. Висвітлено результати розрахунку приземних концентрацій із врахуванням забруднюючих речовин на межі СЗЗ та запропоновано заходи щодо покращення екологічного стану. За результатами дослідження встановлено, що концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, із врахуванням існуючого фонового забруднення, на межі нормативної санітарно-захисної зони не перевищують гігієнічних нормативів. Якість атмосферного повітря відповідає граничнодопустимому вмісту забруднюючих речовин, при якому відсутній негативний вплив на здоров'я людини та на стан довкілля.

Ключові слова: екологічний контроль; оцінка впливу на довкілля; викиди забруднюючих речовин; виробництво асфальтобетону.

Вступ. Екологічний контроль впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин при виробництві асфальтобетону нині є надзвичайно актуальним та важливим. У світовому господарстві такі виробництва є досить поширеними, вони використовують багато сировини, споживають значну кількість енергії й відповідно приводять до викидів парникових газів, аерозолів та інших забруднюючих речовин, які мають негативний вплив на атмосферу та навколишнє природне середовище. Особливо небезпечним може бути вплив шкідливих речовин під час виробництва асфальтобетону на здоров'я людей. Він може включати в себе ризик для працівників, які працюють на виробництві, а також для мешканців навколишніх населених пунктів.

Багато країн встановлюють суворі нормативи щодо викидів і забруднення атмосфери підприємствами. Підприємства, які виробляють асфальтобетон, повинні дотримуватися цих норм, інакше їм загрожує штраф та закриття. Також сучасні споживачі та інвестори розуміють важливість екологічних аспектів виробництва, тому підприємства, які досягають результатів у зменшенні негативного впливу на довкілля, можуть отримати конкурентну перевагу та значну підтримку.

Очевидно, що зменшенню негативного впливу на навколишнє природне середовище сприятиме розвиток нових технологій виробництва асфальтобетону та нових методів очистки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості екологічної оцінки впливу викидів забруднюючих речовин на довкілля висвітлено у роботах низки вчених. Комплексну екологічну оцінку впливу системи «автомобіль-дорога-середовище» на об'єкти навколишнього природного середовища представлено у роботах Аболмасової Г. В. [1]. Праці Бессажної А. А. та Непошивайленко Н. О. висвітлюють порівняльний аналіз комп'ютеризованих методів оцінки впливу на довкілля забруднюючих речовин [2]. Загальні особливості здійснення оцінки впливу на довкілля описують Волошина Н. О. та Волошин О. Г. [3]. Аспекти правового регулювання екологічної оцінки впливу на довкілля як інституту управління природокористуванням представляє Гоштинар С. Л. [4]. Досліджуючи проблеми екологічної оцінки впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин при виробництві асфальтобетону Караїм О. А., Бакараєвим О. А. та Хомацьким В. М. [8] розглянуто техноекологічні аспекти розрахунку викидів забруднюючих речовин, особливості впливу на атмосферне повітря викидів забруднюючих речовин підприємств, екологічні засади виробництва асфальтобетону та ін.; дослідження екологічних ризиків як ключового елемента оцінки впливу на довкілля подано Назарук М. М. [14]. Ключові аспекти оцінки впливу на довкілля процесів виготовлення асфальтобетону представлено у дослідженнях Пінчук А. та Медведєвої О. В. [16]. Еколого-гігієнічну оцінку впливу діяльності підприємств з виготовлення асфальтобетону на стан довкілля з урахуванням вимог вітчизняного законодавства та директив ЄС здійснено авторами Сердюк А. М., Махнюк В. М., Гаркавий С. І., Стирта З. В. [18]. Стан реалізації міжнародних вимог щодо оцінки впливу на довкілля для окремих видів планової діяльності представляють Філіна О. М. та Дюдяєва О. А. [19]. Як інструмент мінімізації екологічних наслідків діяльності промислових підприємств, оцінку впливу на довкілля розглядає Чорна Т. М. [20] та ін.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Мета роботи – дослідження особливостей впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин при виробництві асфальтобетону.

Основні завдання дослідження: розкриття теоретичних аспектів виробництва асфальтобетону; висвітлення загальної характеристики **досліджуваного підприємства** та процесу виробництва асфальтобетону; здійснення аналізу джерел утворення

забруднюючих речовин на підприємстві; опис методів визначення показників концентрацій та методики визначення величин викидів; визначення розрахунків забруднення атмосфери на ЕОМ; опис результатів розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферу; здійснення аналізу видів та обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами; висвітлення результатів розрахунку приземних концентрацій із врахуванням забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони.

Інструментально-лабораторні заміри проводились при номінальному навантаженні згідно [9; 15; 17].

Методи визначення показників концентрацій і методики визначення величин викидів вказані у табл. 1.

Що стосується заходів здійснення контролю за дотриманням затверджених нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин (табл. 2), то при визначенні розмірів викидів основними є прямі методи виміру концентрації забруднюючих речовин і обсягу газоповітряної суміші з фіксуванням її температури. Виміри повинні проводитися за графіком, узгодженим із місцевими органами Міндовкілля України і затвердженому керівництвом підприємства.

Таблиця 1

Методи визначення показників концентрацій
і методики визначення величин викидів [5; 6; 7; 10; 11; 12; 13]

№ з/п	Забруднююча речовина	Метод визначення показників концентрації	Методика визначення величин викидів
1	азоту оксиди (у перерахунку на діоксид)	газоаналізатор	Інструкція із експлуатації ОКЦИ-5М-5Н
2	сірки діоксид	газоаналізатор	Інструкція із експлуатації ОКЦИ-5М-5Н
3	сірководень	-	розрахунково
4	вуглецю оксид	газоаналізатор	Інструкція із експлуатації ОКЦИ-5М-5Н
5	метан	-	розрахунково
6	бензол	-	розрахунково
7	вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉	-	розрахунково

продовження табл. 1

8	речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	гравіметричний	MBVN ^o 081/12-0161-05
		-	розрахунково
9	діоксид вуглецю	-	розрахунково
10	оксид діазоту	-	розрахунково
11	НМЛОС	-	розрахунково

У тих випадках, коли відсутні методики або прилади для виміру, використовують балансові методи розрахунку викидів у залежності від продуктивності агрегату, складу сировини та ін.

При визначенні величин викидів розрахунковим методом використовуються наступні джерела: [5; 6; 11; 12; 13].

Виклад основного матеріалу дослідження. Асфальтобетон – це бетонна суміш з бітумною зв'язкою, яка складається з мінеральних компонентів, таких як гравій, пісок і мінеральний порошок та органічної зв'язуючої речовини – бітуму. Співвідношення різних мінеральних компонентів може різнитися залежно від сорту асфальтобетону. Нижні шари дорожнього покриття містять більше гравію, щоб забезпечити міцність, тоді як верхні шари містять більше піску та мінерального порошку для забезпечення якості поверхні [16].

Асфальтобетонні суміші використовуються для створення дорожніх та аеродромних покриттів, різноманітних майданчиків та ін. Вони також застосовуються як основа для промислових будівель та як матеріал для гідро-, електро- та покрівельної ізоляції.

Дослідження проведено на підприємстві із виготовлення асфальтобетону розташованому у с. Зелена, Ковельського району, Волинської області. Географічні координати центроїда проммайданчика: 51^o11'20" Пн. ш., 24^o39'49" Сх. д. Рельєф розрахункового майданчика рівний, без наявності виступів і перепадів висот.

Таблиця 2

Заходи щодо здійснення екологічного контролю
за дотриманням затверджених нормативів ГДВ забруднюючих
речовин [5; 6; 7; 10; 11; 12; 13]

Номер джерела викиду	Найменування забруднюючої речовини	Затверджений гранично допустимий викид		Періодичність вимірювання	Методика виконання вимірювань	Місце відбору проб
		мг/м ³	г/с			
9	Оксиди азоту у перерахунку на діоксид азоту		0,056	1 раз на рік	ОКCI-5M-5H	газохід
	Оксид вуглецю		0,30	1 раз на рік	ОКCI-5M-5H	газохід
	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки		0,087	1 раз на рік	ОКCI-5M-5H	газохід
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	150		1 раз на рік	МВВ№081/12-0161-05	газохід
10	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-26611 та ін.)		0,47	1 раз на рік	розрахунково	-
11	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-26611 та ін.)		0,47	1 раз на рік	розрахунково	-
12	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-26611 та ін.)		0,47	1 раз на рік	розрахунково	-
14	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту		0,29	1 раз на рік	ОКCI-5M-5H	газохід
	Оксид вуглецю		1,36	1 раз на рік	ОКCI-5M-5H	газохід
	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки		0,30	1 раз на рік	ОКCI-5M-5H	газохід
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	50		1 раз на рік	МВВ№081/12-0161-05	газохід

Проектна потужність виробництва асфальтобетону становить 160 т/год. У процесі виробництва задіяні побутові приміщення; комплектна трансформаторна підстанція; вагова; стоянка автотранспорту; операторська; асфальтобетонна установка КДМ2067; теплогенератор; цистерни для нагріву бітуму – 3 шт. (160 м³); наземні резервуари для зберігання дизельного палива –

2 шт. (12 м^3 та 2 м^3); майданчики для зберігання інертних матеріалів (щебінь, відсів).

Протягом року на підприємстві переробляється: щебеню – 264000 т, відсіву – 192000 т, бітуму – 24000 т, мінерального порошку – 33600 т. Готова продукція – асфальтобетонна суміш – 480000 т/рік [19].

Утворення забруднюючих речовин відбувається: при виробництві асфальтобетону; при розігріві бітуму; при зберіганні та переміщенні інертних матеріалів (відсів, щебінь); при зберіганні палива у резервуарах; при спалюванні палива.

Загалом, встановлено що на досліджуваному підприємстві знаходиться 15 джерел викидів забруднюючих речовин: Джерелами 1–6 є бункери дозуючі. Джерело 7 – стрічковий конвеєр. Джерело 8 – наземний резервуар для зберігання дизельного палива. Джерело 9 – теплогенератор. Джерела 10–12 – цистерни для нагрівання бітуму. Джерело 13 – наземний резервуар для зберігання дизельного палива. Джерело 14 – сушильний барабан асфальтозмішувальної установки. Джерело 15 – площадка для зберігання інертних матеріалів.

Максимально разові (q_m , г/с) і валові викиди ($M^{\text{ВАЛ}}$, т/рік) в атмосферне повітря джерел викиду визначені на підставі аналізу результатів інструментальних замірів, аналітичних розрахунків, проектних даних та технологічних нормативів.

При експлуатації джерела 1 в атмосферне повітря потрапляють суспендовані тверді частинки недиференційовані за складом.

Максимально разовий викид забруднюючої речовини становить: $q_m = 0,00057$ г/с. Валовий викид: $M^{\text{ВАЛ}} = 0,0062$ т/рік.

Для джерела 2 значення викидів забруднюючих речовин в атмосферу будуть аналогічними, так як вихідні дані такі ж самі.

При використанні джерела 3 забруднювачами є речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом.

Максимально разовий викид становить: $q_m = 0,00011$ г/с. Валовий викид забруднюючої речовини: $M^{\text{ВАЛ}} = 0,0012$ т/рік.

Щодо джерел 4, 5, 6, то значення викидів забруднюючих речовин в атмосферу будуть аналогічними, так як вихідні дані такі ж самі.

При роботі джерела 7 забруднюючі речовини виділяються в атмосферу у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. Максимально разовий викид $q_m = 0,0044$ г/с. Валовий викид $M^{\text{вал}} = 0,047$ т/рік.

Максимально разовий та валовий викиди кожної забруднюючої речовини джерела 8 представлено у табл. 3.

Таблиця 3

Максимально разовий та валовий викиди
забруднюючих речовини джерела 8

№ з/п	Забруднююча речовина	q_m , г/с	$M^{\text{вал}}$, т/рік
1	сірководень	3,4E-08	1,1E-06
2	бензол	1,8E-08	5,7E-07
3	вуглеводні насичені C ₁₂ –C ₁₉	1,2E-05	0,00038

Для джерела 9 валовий викид забруднюючих речовини під час спалювання дизпалива представлено у табл. 4.

Таблиця 4

Зведена таблиця забруднюючих речовин джерела 9

№ з/п	Найменування речовини	$M^{\text{вал}}$, т/рік
1	азоту оксиди (у перерахунку на діоксид)	0,57
2	вуглецю оксид	3,05
3	діоксид сірки	0,88
4	речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом (сажа)	0,22
Парникові гази		
5	метан	0,033
6	діоксид вуглецю	799
7	оксид діазоту	0,027
8	НМЛОС	0,54

Порівняльну характеристику фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря із джерела 9 представлено на рис. 1.

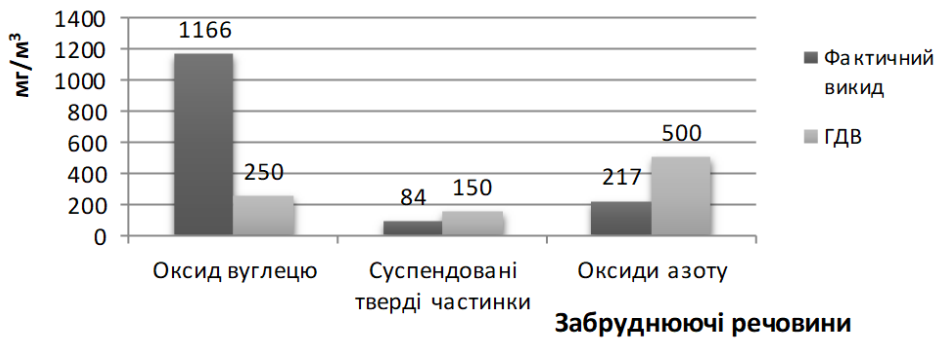


Рис. 1. Порівняльна характеристика фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря із джерела 9 з ГДВ

У ході експлуатації цистерн для нагрівання бітуму об'ємом 160 м³ (джерела 10–12) утворюються забруднюючі речовини – вуглеводні граничні С₁₂–С₁₉, із максимально разовим викидом: $q_m = 0,47$ г/с та валовим викидом: $M^{ВАЛ} = 0,92$ т/рік.

Для джерела 13 максимально-разовий та валовий викид кожної забруднюючої речовини представлено у табл. 5.

Таблиця 5

Максимально разовий та валовий викид джерела 13

№ з/п	Забруднююча речовина	q_m , г/с	$M^{ВАЛ}$, т/рік
1	сірководень	3,9E-07	1,2E-05
2	бензол	2,1E-07	6,7E-06
3	вуглеводні насичені С ₁₂ –С ₁₉	0,00014	0,0044

Результати дослідження за джерелом 14 – димова труба (сушильний барабан асфальтозмішувальної установки) представлені у табл. 6.

Таблиця 6

Зведена таблиця забруднюючих речовин джерела 14

№ з/п	Найменування речовини	$M^{ВАЛ}$, т/рік	q_m , г/с
1	азоту оксиди (у перерахунку на діоксид)	0,74	0,29
2	вуглецю оксид	3,50	1,36

продовження табл. 6

3	сірки діоксид	0,77	0,30
4	речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	2,45	0,23
Парникові гази			
5	метан	0,38	-
6	діоксид вуглецю	9403	-
7	оксид діазоту	0,32	-
8	НМЛОС	6,39	-

Порівняльну характеристику фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря із джерела 14 з ГДВ представлено на рис. 2.



Рис. 2. Порівняльна характеристика фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря із джерела 14 з ГДВ

Забруднюючими речовинами джерела 15 є суспендовані тверді частинки недиференційовані за складом. Валові викиди визначаються як сума значень валових викидів при зберіганні та переміщенні відсіву та щебеню. Максимально разовий викид $q_m = 2,35$ г/с. Валовий викид $M^{вал} = 41,6$ т/рік.

Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами представлено у табл. 7.

Таблиця 7

Види та обсяги забруднюючих речовин,
які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами

№ з/п	Забруднююча речовина	Фактичний обсяг викидів (т/рік)	Порогові значення потенційних викидів для взяття на державний облік (т/рік)
	найменування		
1	Оксид вуглецю	6,55	1,5
2	Вуглецю діоксид	10202	500
3	Метан	0,413	10
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	44,3342	3
4	Суспендовані частинки, недиференційовані за складом	44,3342	3
	Сполуки азоту, в т.ч.:	1,657	
5	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	1,31	1
6	Азоту (I) оксид (N ₂ O)	0,347	0,1
	Діоксид та інші сполуки сірки, в т.ч.:	1,6500	2
7	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	1,65	1,5
8	Сірководень	1,31E-5	0,03
	Неметанові леткі органічні сполуки, в т.ч.:	9,6947	1,5
9	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉	2,76478	1,5
10	Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС)	6,93	1,5
11	Бензол	7,27E-6	0,05
Разом		10266,2990	

На основі обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря визначено, що об'єкт відноситься до 2 групи підприємств.

Розрахунок концентрації в атмосферному повітрі забруднюючих речовин виконується програмним комплексом ЕОЛ+.

Алгоритми програми елементів комплексу реалізують «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які знаходяться у викидах підприємства. ОНД-86» [15].

Пошук несприятливих швидкостей вітру здійснюється програмою автоматично виходячи із заданих швидкостей.

Розмір розрахункового майданчика прийнятий 5000×5000 м інтервал розрахункової сітки 250×250 м.

Екологічний контроль впливу викидів забруднюючих речовин на стан забруднення атмосферного повітря здійснюється за даними результатів розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та даними, що одержані при проведенні інструментальних методів досліджень.

Розсіювання проведено для речовин у вигляді суспендованих частинок, недиференційованих за складом, оксиду азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту, оксиду вуглецю (рис. 3), діоксиду сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки, вуглеводних граничних $C_{12}-C_{19}$ (розчинник РПК-26611 та ін.).

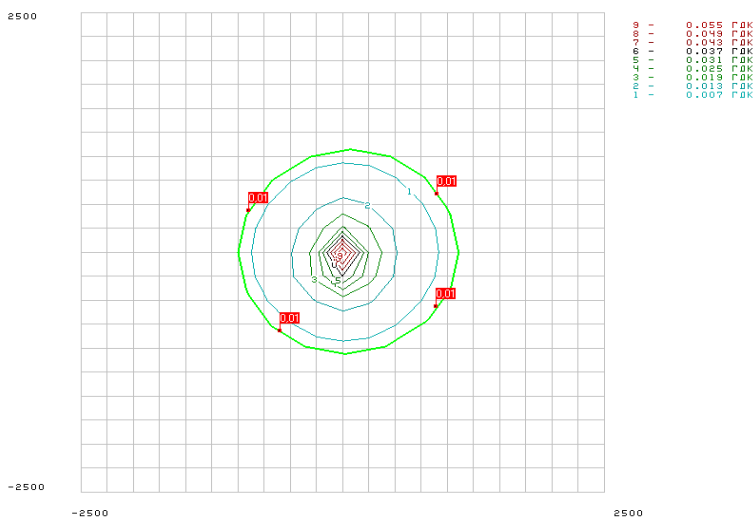


Рис. 3. Концентрація оксиду вуглецю в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони

Фактична санітарно-захисна зона для підприємства встановлена рівною нормативній – 1000 метрів.

Концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони, представлено у табл. 8.

Таблиця 8

Концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони

№ з/п	Забруднююча речовина	Концентрація
1	оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	0,03 ГДК
2	оксид вуглецю	0,006 ГДК
3	речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,45 ГДК
4	діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	0,01 ГДК
5	вуглеводні граничні C ₁₂ –C ₁₉	0,12 ГДК

Концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря на межі нормативної санітарно-захисної зони, розміром 1000 метрів, із врахуванням фонового забруднення подано у табл. 9.

Таблиця 9

Концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони із врахуванням фонового забруднення

№ з/п	Забруднююча речовина	Концентрація
1	оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	0,43 ГДК
2	оксид вуглецю	0,406 ГДК
3	речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	0,85 ГДК
4	діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	0,41 ГДК
5	вуглеводні граничні C ₁₂ –C ₁₉ (розчинник РПК-26611 та ін.)	0,52 ГДК

У результаті дослідження встановлено, що концентрації забруднюючих речовин, в зоні впливу підприємства не перевищують гігієнічних нормативів. Якість атмосферного повітря на межі нормативної СЗЗ та житлової забудови відповідає гранично-допустимому вмісту забруднюючих речовин при якому відсутній негативний вплив на здоров'я людей та на стан довкілля.

Висновки. На досліджуваному підприємстві із виробництва асфальтобетону знаходиться 15 джерел утворення забруднюючих речовин. При роботі обладнання в атмосферне повітря потрапляють: оксиди азоту, оксид вуглецю, діоксид сірки, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, сірководень, бензол, вуглеводні насичені C_{12} – C_{19} , парникові гази (метан, діоксид вуглецю, діоксид азоту, НМЛОС).

Для визначення показників концентрацій та величин викидів здійснено інструментально-лабораторні заміри, а також визначено величини викидів розрахунковим методом.

Усього стаціонарними джерелами підприємства в атмосферне повітря викидається 10266 т/рік забруднюючих речовин, із них небезпечними є 2,76 т/рік. На основі обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря об'єкт відноситься до 2 групи підприємств.

Встановлено, що концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, із врахуванням існуючого фонового забруднення, на межі нормативної санітарно-захисної зони не перевищують гігієнічних нормативів. Якість атмосферного повітря відповідає гранично допустимому вмісту забруднюючих речовин, при якому відсутній негативний вплив на стан навколишнього природного середовища.

З метою здійснення подальшого екологічного контролю та покращення екологічного стану підприємству рекомендується: розробити матеріали, у яких обґрунтовуються обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря; отримати дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря для джерел викидів, виявлених в ході дослідження; дотримуватись виконання затвердженого технологічного регламенту виробництва; забезпечити безперебійну ефективну роботу і безпечну експлуатацію очисних установок, підтримувати у справному стані споруди та устаткування; укласти договір із акредитованою

лабораторією для проведення контролю за дотриманням нормативів ГДВ на джерелах викиду.

1. Аболмасова Г. В., Пісня Л. А., Черепньов І. А., Калінін І. В. Комплексна екологічна оцінка впливу системи «автомобіль-дорога-середовище» на об'єкти навколишнього природного середовища. *Інженерія природокористування*. 2019. № 4(14). С. 75–85. **2.** Бессажна А. А., Непошивайленко Н. О. Порівняльний аналіз комп'ютеризованих методів оцінки впливу на довкілля забруднюючих речовин. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2017. №. 50. С. 295–302. **3.** ГДК та ОБРВ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць : Наказ МОЗ України від 21.11.1997 р. № 336. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0336282-97#Text> (дата звернення: 17.05.2023). **4.** Гоштинар С. Л. Правове регулювання екологічної оцінки впливу на довкілля як інституту управління природокористуванням. *Південноукраїнський правничий часопис*. 2018. № 1. С. 51–55. **5.** Збірник методик із розрахунку вмісту забруднюючих речовин у викидах неорганізованих джерел забруднення атмосфери. ОАО «УкрНТЕК». Донецьк, 1994 р. 125 с. **6.** Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами, Український науковий центр технічної екології. Донецьк, 2004. Том І. 184 с. **7.** Інструкція із експлуатації газоаналізатора ОКСІ-5М-5Н. Харків. 2010. 16 с. **8.** Караїм О. А. Бакараєв О. А., Хомацький В. М. Техноекологічні аспекти розрахунку викидів забруднюючих речовин підприємством. *Актуальні проблеми хімії, матеріалознавства та екології: матеріали І Міжнародної наукової конференції* (Луцьк, 1–3 червня 2022 року). Луцьк : Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2022. 192 с. С. 130–132. **9.** КНД 211.2.3.063-98. Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів. 18 с. **10.** МВВ № 081/12-0161-05. Викиди газопилові промислові. Методика виконання вимірювань масової концентрації речовини у вигляді суспендованих твердих частинок в організованих викидах стаціонарних джерел гравіметричним методом. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76450 (дата звернення: 10.08.2023). **11.** Методика розрахунку викидів шкідливих речовин від підприємств дорожньо-будівельної галузі, в тому числі від асфальтобетонних заводів. 2002 р. 20 с. **12.** Методичні вказівки щодо визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу із резервуарів. М. 1999 р. 64 с. **13.** Методичний посібник із розрахунку, нормування та контролю викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. СП, 2012. 58 с. **14.** Назарук М. М., Бота О. В. Дослідження екологічних ризиків як ключовий елемент оцінки впливу на довкілля. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Т. 34. С. 100–107. **15.** ОНД-86. Методика

розрахунку концентрацій у атмосферному повітрі шкідливих речовин, які у викидах підприємств. Л., 1987. 68 с. **16.** Пінчук А., Медведєва О. В. Оцінка впливу на довкілля процесів виготовлення асфальтобетону. *Наукові записки*. 2010. Вип. 10. Част. II. С. 380–383. **17.** РД 52.04.59-85. Вимоги до точності контролю за промисловими викидами : методичні вказівки. 54 с. **18.** Сердюк А. М., Махнюк В. М., Гаркавий С. І., Стирта З. В. Еколого-гігієнічна оцінка впливу діяльності підприємств з виготовлення асфальтобетону на стан довкілля з урахуванням вимог вітчизняного законодавства та директив ЄС. *Гігієна населених місць*. 2018. № 68. С. 4–11. URL: [http://www.hygiene-journal.org.ua/site/gnm.nsf/id/79253E8EF8C96957C22584AA003396F0/\\$file/4-11.pdf](http://www.hygiene-journal.org.ua/site/gnm.nsf/id/79253E8EF8C96957C22584AA003396F0/$file/4-11.pdf) (дата звернення: 10.08.2023). **19.** Філіна О. М., Дюдяєва О. А. Стан реалізації міжнародних вимог щодо оцінки впливу на довкілля для окремих видів планової діяльності. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конференції. (22–23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна). Херсон, 2020. С. 616–618. **20.** Чорна Т. М. Оцінка впливу на довкілля як інструмент мінімізації екологічних наслідків діяльності промислових підприємств. *Природокористування і сталий розвиток : економіка, екологія, управління* : зб. матеріалів Міжн. наук.-практ. конференції, 10–11 квітня 2014 р. Ірпінь, 2014. С. 325–327. URL: <http://ir.asta.edu.ua/jspui/bitstream/doc/22/1/005ir.pdf>. (дата звернення: 10.08.2023).

REFERENCES:

1. Abolmasova H. V., Pisnia L. A., Cherepnov I. A., Kalinin I. V. Kompleksna ekolohichna otsinka vplyvu systemy «avtomobil-doroha-seredovyshche» na obiekty navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*. 2019. № 4(14). S. 75–85. **2.** Bessazhna A. A., Neposhyvailenko N. O. Porivnialnyi analiz kompiuteryzovanykh metodiv otsinky vplyvu na dovkillia zabrudniuiuchykh rechovyn. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2017. № 50. S. 295–302. **3.** HDK ta OBRV zabrudniuiuchykh rechovyn v atmosferному povitri naselenykh mist : Nakaz MOZ Ukrainy vid 21.11.1997 r. № 336. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0336282-97#Text> (data zvernennia: 17.05.2023). **4.** Hoshtynar S. L. Pravove rehuliuвання ekolohichnoi otsinky vplyvu na dovkillia yak instytutu upravlinnia pryrodokorystuvanniam. *Pivdennoukrainskyi pravnychi chasopys*. 2018. № 1. S. 51–55. **5.** Zbirnyk metodyk iz rozrakhunku vmistu zabrudniuiuchykh rechovyn u vykydakh neorhanizovanykh dzherel zabrudnennia atmosfery. OAO «UkrNTEK». Donetsk, 1994 r. 125 s. **6.** Zbirnyk pokaznykiv emisii (pytomykh vykydiv)

zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosferne povitria riznymi vyrobnytstvamy, Ukrainskyi naukovyi tsentr tekhnichnoi ekolohii. Donetsk, 2004. Tom I. 184 s.

7. Instruksiiia iz ekspluatatsii hazoanalizatora OKSI-5M-5N. Kharkiv. 2010. 16 s.

8. Karaim O. A., Bakaraiev O. A., Khomatskyi V. M. Tekhnoekolohichni aspekty rozrakhunku vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn pidpriumstvom. *Aktualni problemy khimii, materialoznavstva ta ekolohii* : materialy I Mizhnarodnoi naukovoii konferentsii (Lutsk, 1–3 chervnia 2022 roku). Lutsk : Volynskyi natsionalnyi universytet imeni Lesi Ukrainky, 2022. 192 s. S. 130–132.

9. KND 211.2.3.063-98. Metrolohichne zabezpechennia. Vidbir prob promyslovykh vykydiv. 18 s.

10. MVV № 081/12-0161-05. Vykydy hazopylovi promyslovi. Metodyka vykonannia vymiriuvan masovoi kontsentratsii rehovyny u vyhliadi suspendovanykh tverdykh chastynok v orhanizovanykh vykydakh statsionarnykh dzherel hravimetrychnym metodom. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76450 (data zvernennia: 10.08.2023).

11. Metodyka rozrakhunku vykydiv shkidlyvykh rehovyn vid pidpriumstv dorozhno-budivelnoi haluzi, v tomu chysli vid asfaltobetonnykh zavodiv. 2002 r. 20 s.

12. Metodychni vkazivky shchodo vyznachennia vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosferu iz rezervuariv. M. 1999 r. 64 s.

13. Metodychni posibnyk iz rozrakhunku, normuvannia ta kontroliu vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosferne povitria. SP, 2012. 58 s.

14. Nazaruk M. M., Bota O. V. Doslidzhennia ekolohichnykh ryzykiv yak kliuchovyi element otsinky vplyvu na dovkillia. Liudyna ta dovkillia. *Problemy neoekolohii*. 2020. T. 34. S. 100–107.

15. OND-86. Metodyka rozrakhunku kontsentratsii u atmosfernomu povitri shkidlyvykh rehovyn, yaki u vykydakh pidpriumstv. L., 1987. 68 s.

16. Pinchuk A., Medvedieva O. V. Otsinka vplyvu na dovkillia protsesiv vyhotovlennia asfaltobetonu. *Naukovi zapysky*. 2010. Vyp. 10. Chast. II. S. 380–383.

17. RD 52.04.59-85. Vymohy do tochnosti kontroliu za promyslovyi vykydamy : metodychni vkazivky. 54 s.

18. Serdiuk A. M., Makhniuk V. M., Harkavyi S. I., Styrtta Z. V. Ekolohohihienichna otsinka vplyvu diialnosti pidpriumstv z vyhotovlennia asfaltobetonu na stan dovkillia z urakhuvanniam vymoh vitcheznianoho zakonodavstva ta dyrektyv YeS. *Hihiena naselenykh mists*. 2018. № 68. S. 4–11. URL: [http://www.hygiene-journal.org.ua/site/gnm.nsf/id/79253E8EF8C96957C22584AA003396F0/\\$file/4-11.pdf](http://www.hygiene-journal.org.ua/site/gnm.nsf/id/79253E8EF8C96957C22584AA003396F0/$file/4-11.pdf) (data zvernennia: 10.08.2023).

19. Filina O. M., Diudiaieva O. A. Stan realizatsii mizhnarodnykh vymoh shchodo otsinky vplyvu na dovkillia dlia okremykh vydiv planovoi diialnosti. *Ekolohichni problemy navkolysnogo seredovyscha ta ratsionalnogo pryrodokorystuvannia v konteksti staloho rozvytku* : materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. konferentsii. (22–23 zhovtnia 2020, m. Kherson, Ukraina). Kherson, 2020. S. 616–618.

20. Chorna T. M. Otsinka vplyvu na dovkillia yak instrument minimizatsii ekolohichnykh naslidkiv diialnosti promyslovykh pidpriumstv. *Pryrodokorystuvannia i stalyy*

rozvytok: ekonomika, ekolohiia, upravlinnia : zb. materialiv Mizhn. nauk.-prakt. konferentsii, 10–11 kvitnia 2014 r. Irpin, 2014. S. 325–327. URL: <http://ir.asta.edu.ua/jspui/bitstream/doc/22/1/005ir.pdf>. (data zvernennia: 10.08.2023).

Karaim O. A., Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Professor, Tsos O. O., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, olha.karaim@vnu.edu.ua, oksana.tsos@vnu.edu.ua), **Bakaraiev O. A.** (LLC "VOLYNEKOPROMPROEKT", Lutsk, vepp@ukr.net), **Biedunkova O. O., Doctor of Biological Science, Professor** (National of Water and Environmental Engineering, Rivne, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua), **Karaim V. P., Post-graduate Student, Khomatskyi V. M., Master** (Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, karaim.volodymyr@vnu.edu.ua, khomatskyi.viacheslav2022@vnu.edu.ua)

ECOLOGICAL CONTROL OF ENVIRONMENTAL IMPACT POLLUTANT EMISSIONS OF PRODUCING ASPHALT CONCRETE

With each passing year, the issue of studying the state of atmospheric air and the impact of pollutant emissions becomes increasingly relevant. For this reason, in modern conditions, economic enterprises, including asphalt concrete production facilities, must be studied and controlled to assess their environmental impact. This article presents the results of research on the features of the technological process of asphalt concrete production, which belongs to the 2nd group of enterprises. An analysis of the sources of pollutant formation at the studied enterprise located in the Kovelsky district of the Volyn region is conducted. The methods for determining concentration indicators and emission measurement techniques are described. The calculation of atmospheric pollution on a computer is demonstrated. The results of calculating pollutant emissions into the atmosphere are described. An analysis of the types and volumes of emissions of pollutants into the atmospheric air from stationary sources is carried out. It was found that stationary sources of the enterprise emit 10,266 tons/year of pollutants into the atmospheric air, of which 2.76 tons/year are dangerous. Concentrations of

pollutants in the atmospheric air, taking into account the existing background pollution, at the boundary of the normative sanitary protection zone do not exceed hygienic standards. The results of calculating ground-level concentrations, taking into account pollutant emissions at the boundaries of the sanitary protection zone, are presented, and measures to improve the environmental situation are proposed. According to the research results, it has been established that pollutant concentrations in the atmospheric air, considering the existing background pollution, do not exceed hygienic standards at the boundary of the sanitary protection zone. The quality of atmospheric air meets the permissible pollutant content, at which there is no negative impact on human health and the environment.

***Keywords:* environmental control; environmental impact assessment; pollutant emissions; asphalt concrete production.**

Ковальчук Н. С., с.н.с., Бордусь О. Ю., м.н.с., аспірант (Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, м. Київ, natalakovalcuk461@gmail.com, kukoshh@gmail.com)

БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ МЕТОД РОЗМНОЖЕННЯ *PAULOWNIA SSP*

Проведені дослідження з пророщування насіння в умовах *in vivo* впродовж 14 діб з наступною стерилізацією проростків з зародковими листочками і апікальною меристемою, що проводилась розчинами гіпохлориту натрію з концентрацією 20% і упродовж 2–5 хв. Розроблений спосіб мікроклонального розмноження павловнії з використанням в якості експлантів апікальних меристем із проростків насіння інтродукованих видів роду *Paulownia* Siebold & Zucc. і отримана колекція вихідних матеріалів для селекції *in vitro* (*Paulownia tomentosa* Steud., *Paulownia elongata* S.Y.Hu; *Paulownia* '9501' (*Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei*); *Paulownia* 'Zo7' (*Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei* × *Paulownia kawakamii*); *Paulownia* 'Shan thong' (*Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei*).

Ключові слова: біоенергетичні рослини; павловнія; мікроклональне розмноження; фітогормони; стерилізація; біотехнологічні лінії.

Постановка проблеми. Наразі рід *Paulownia* налічує понад 20 видів рослин (20–25 видів за даними різних авторів) родом із Китаю та Східної Азії. Більшість видів швидкоростучі із швидким збиранням врожаю, яке починається через 8 років [11]. Через 6 років рослина може досягати 20 м [10]. Деревина легка, м'яка, використовується в деревообробній галузі та в будівництві [5]. Також використовується для виробництва біомаси.

Важливою ознакою з точки зору економічних розрахунків є те, що павловнія не потребує повторного садіння, оскільки вона дає поросль на пеньках і цикл вирощування можна повторити кілька разів. Павловнію також використовували для створення лісових насаджень, для рекультивації територій після видобувних робіт. У зв'язку з цим є необхідність розробити нові ефективні способи отримання культуральної розсади в умовах *in vitro*.

Види роду *Paulownia* розмножують насінням або кореневими живцями. Насінина має повільний темп росту у порівнянні з кореневими чи здерев'янілими живцями, та розсадою, отриманою в культурі *in vitro* [10]. Отже, це основна причина того, чому пошук нового ефективного методу розмноження важливий.

Стерильна культура *in vitro* має багато можливостей: від розмноження меристемної тканини до прямого соматичного ембріогенезу з міжвузль рослин і листових експлантів [1; 9; 13]. Також є інформація про опосередкований спосіб розмноження з калюсу [7].

Загально визнано, що контроль морфогенезу, на який впливає кілька факторів, а саме генетичне походження, види тканин та експлантів, компоненти поживного середовища, регулятори росту та власне поживне середовище визначають успішність регенерації *in vitro* [11; 13]. Через недостатню кількість інформації про використання методів введення насіння в стерильні умови *in vitro*, дослідження має інноваційний характер.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В дослідженнях українських вчених представлені дані про введення в стерильну культуру *in vitro* експлантів, у вигляді частини пагону чи пазушної бруньки (А Подгаєцький та ін. 2020), також в дослідженнях турецьких вчених (М. Ozaslan та ін. 2014) були використані кореневі живці. Проте в цих морфологічних структурах є значна кількість спор, які викликають грибкові захворювання, що себе проявляють в умовах поживного середовища, і через наявність грубих покривних тканин, стерилізація їх повинна бути із збільшеною концентрацією стерилізуючих речовин або збільшеною тривалістю експозиції.

За інформацією дослідників Л. Штерева та ін. (2014), при пророщуванні насіння в умовах *in vitro* було встановлено, що для стерилізації необхідно не менше 30%-ий розчин натрію гіпохлориту з упродовж 15 хв з максимальним виходом стерильного матеріалу 98%. Через вплив натрію гіпохлориту на насіння, за 15 хвилин виникають негативні наслідки, що впливають на проростання і термін життєздатності введених експлантів [11].

Окремі етапи мікроклонального розмноження павловнії наведено у працях: С. San José, J. Cernadas & E. Corredoira (2013), А. Chunchukov, S. Yancheva (2015), де описані і процеси стерилізації введеного матеріалу в умови *in vitro*.

Постановка завдання та мети дослідження. Мета роботи – розроблення ефективного способу введення експлантів інтродукованих видів і гібридів *Paulownia ssp.* та їх розмноження в умови поживних середовищ *in vitro*.

Об'єкт дослідження – мікроклональне розмноження рослин видів та гібридів роду *Paulownia ssp.*

Предмет дослідження – введення експлантів рослин в умови поживних середовищ та розмноження розсади видів і гібридів *Paulownia ssp.*

Основні завдання дослідження:

1. Визначення схожості насіння *Paulownia ssp.*, що будуть використовуватися для введення в умови *in vitro*;

2. Визначення ефективності стерилізації експлантів та їх приживлюваність;

3. Визначення оптимального вмісту гормональних речовин в поживному середовищі для ефективного пагоноутворення та підвищення коефіцієнту розмноження шляхом збільшення кількості одновузлових сегментів.

Матеріали та методи дослідження. Місце проведення досліджень. Дослідження були проведені в лабораторії цитогенетики Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.

Експериментальний матеріал. В даному дослідженні використано 5 видів та сортів павлонії – *Paulownia: 'Shang Thong' (P. fortunei x P. tomentosa)*, *'9501' (P. tomentosa x P. fortunei)*, *Paulownia elongata S.Y.Hu*, *'Z07' (P. fortunei x P. tomentosa x P. kawakami)*, *Paulownia tomentosa Steud.*

Насіння сіяли по 30 шт у 4-разовій повторюваності в чашки Петрі на зволожений фільтрувальний папір і впродовж 14 діб пророщували за температури 24–26°С із інтенсивністю освітлення 1500 Lux. Обліки проводили на 7-й, 10-й і 14-й день.

Методика введення в культуру in vitro. В якості експлантів використані проростки насіння павлонії, від яких відокремлювали зелену частину із зародковими листочками і апікальною меристемою, що у порівнянні з насінною має нижчу інфікованість. Експланти висаджували на поживні середовища в стерильних умовах ламінар-боксів після оброблення експлантів в 20% розчині натрію гіпохлорит впродовж 2–5 хвилин і триразовим промиванням у стерильній дистильованій воді.

Щоб отримати експланти для введення в умови *in vitro* представників *Paulownia* ssp. насіння пророщували в умовах *in vivo* на вологому фільтрувальному папері. Зображення насіння та їх проростків показані на рисунку 1.

Поживне середовище. Підбрано середовища на базі середовищ Мурасіге і Скуга [8] з додаванням цукрози 30 г/ дм³, мезоінозиду 0,1 г/дм³ і в різних пропорціях БАП, кінетину та гібереліну для пагоноутворення і формування сегментів для оптимального коефіцієнту розмноження павловнії.

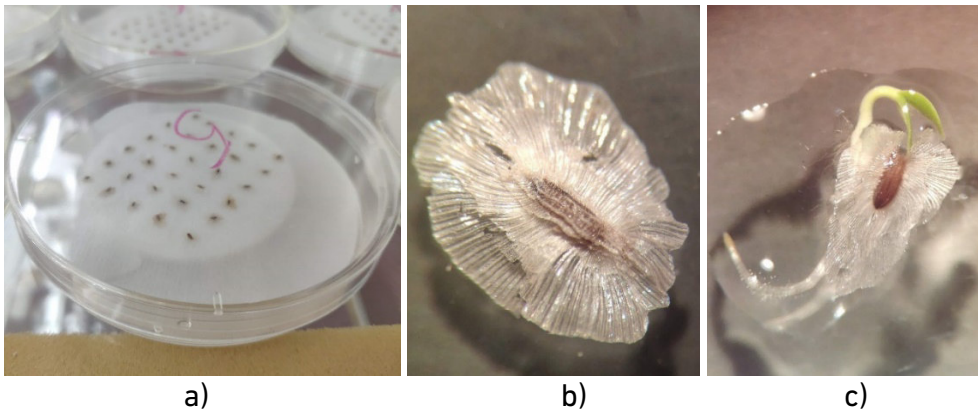


Рис. 1. Насіння *Paulownia tomentosa* Steud.: а) викладене насіння в чашці Петрі; б) загальний вигляд насінини та с) проросток насіння з зародковими листочками і апікальною меристемою за 36. 7*12,5 стереомікроскопу «МБС-11»

Умови інкубування. Режим освітлення – 16/8 годин, інтенсивність світла – 1500 Lux при використанні люмінесцентних ламп холодного білого світла, температурний режим – 24–8° С.

Аналіз даних. Для встановлення достовірності досліджень і підбраної вибірки для аналізу проводили розрахунок величини похибки репрезентативності m_p , що у відсотках дозволяє контролювати суттєвість дослідів за методикою статистичного аналізу. Середня похибка репрезентативності m_p у відсотках визначалась за формулою:

$$m = \pm \sqrt{\frac{P(100 - P)}{n}},$$

де P – відсоток досліджуваного показника; n – обсяги дослідження

кожного селекційного номера.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для отримання первинних експлантів для введення в культуру *in vitro* представників видів та гібридів роду *Paulownia* насіннєвий матеріал пророщували в умовах *in vivo* на зволоженому фільтрувальному папері.

Результати схожості та життєздатності насіння викладені в табл. 1.

Таблиця 1
Показники пророщування насіння *Paulownia* ssp. в умовах *in vivo*

№ з/п	Назва зразку та його походження	Кількість насінин, шт				Схожість насіння, %, P ± mp	Зараженість насіння, % P ± mp
		всього	пророслих	непророслих	інфікованих		
1	<i>Shang Thong (P. fortunei x P. tomentosa)</i>	120	68	52	10	57±4,5	8,3±2,5
2	<i>9501 (P. tomentosa x P. fortunei)</i>	120	36	84	2	30±4,2	1,7±1,2
4	<i>Paulownia elongata S.Y.Hu</i>	120	47	73	7	38±4,4	5,8±2,1
5	<i>Z07 (P. fortunei x P. tomentosa x P. kawakami)</i>	120	46	74	2	38±4,4	1,7±1,2
6	<i>Paulownia tomentosa Steud.</i>	120	100	20	2	83±3,4	1,7±1,2
Середнє значення по досліді						49,3	3,8

За даними таблиці 1 найвища схожість насіння була в *Paulownia tomentosa* і сягала до 83%. Значення решти зразків змінювались від 30% і до 57%. Частка інфікованого насіння при пророщуванні змінювалась від 1,7% до 8,3%.

Після садіння на поживні середовища стерилізованих експлантів проводили облік життєздатних культуральних рослин. Дані розрахунку ефективності стерилізації наведено в табл. 2.

Відсоток стерильного матеріалу дещо відрізнявся і залежав від сорту. Найменший відсоток був у виду *Paulownia elongata* із значенням 79%, і схожі між собою *Paulownia tomentosa*, *P. 'Shang*
120

Thong' та *P. 'Z07'* значеннями 83%, 85% та 85% відповідно. Найбільший вихід стерильних експлантів був характерний для *P. '9501'* із значенням 99%.

Таблиця 2

Ефективність стерилізації насіння *Paulownia* ssp. в умовах *in vitro*

№ з/п	Назва зразку та його походження	Кількість експлантів, шт.	Життєздатних рослин <i>in vitro</i> , шт.	Інфікованих і загиблих рослин, шт.	Ефективність стерилізації, %, Р ± mр
1.	'Shang Thong' (<i>P. fortunei</i> x <i>P. tomentosa</i>)	120	103	17	86±3,2
2.	'9501' (<i>P. tomentosa</i> x <i>P. fortunei</i>)	120	119	0	99±0,8
3.	<i>Paulownia elongata</i> S.Y.Hu	120	95	4	79±3,7
4.	'Z07' (<i>P. fortunei</i> x <i>P. tomentosa</i> x <i>P. kawakami</i>)	120	102	3	85±3,1
5.	<i>Paulownia tomentosa</i> Steud.	120	100	4	83±3,4

Для пагоноутворення і утворення більшої кількості сегментів уведені експланти культивували на поживних середовищах на основі протоколу Мурасіге-Скуга з різним умістом фітогормонів. Склад базового поживного середовища наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Склад середовища Мурасіге і Скуга для розмноження рослин в культурі *in vitro* (на 1 дм³ розчину)

Назва та одиниці виміру	Кі-сть	Назва та одиниці виміру	Кі-сть
Макроелементи В ₅ , мл	100	CaCl ₂ , г	3,3
NH ₄ NO ₃ , г	16,5	Mg SO ₄ ·7H ₂ O, г	4,2
KNO ₃ , г	19,0	KH ₂ PO ₄ , г	1,7
Мікроелементи В ₅ , мл	100	KI, мг	83
H ₃ BO ₃ , мг	620	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O, мг	25
MnSO ₄ ·4H ₂ O, г	2,23	CuSO ₄ ·5H ₂ O, мг	2,5
ZnSO ₄ ·4H ₂ O, мг	860	CoCl ₂ ·6H ₂ O, мг	2,5

продовження табл. 3

Органічні добавки			
Нікотинова кислота, мг	1	Аскорбінова кислота, мг	1
Піридоксин HCl, мг	1	Мезоінозит, мг	100
Тіамін-HCl, мг	1	Fe-хелат, мг	5
Фітогормони: БАП, мг	0–1,5	Кінетин, мг	1,5
Гіберелін:	0–0,3	Субстрат: агар-агар, г	7
Вуглеводи: цукроза, г	30	pH	5,6

Для впливу на процес пагоноутворення використовували проростки насіння з зародковими листочками і апікальними меристемами. Для досягання утворення бокових пагонів в умовах першого пасажу досліджували поживні середовища з додаванням БАП, кінетину та гібереліну в різних концентраціях, для зменшення негативного впливу утворення калусу в області ризогенезу під дією фітогормонів, що впливає на життєздатність рослин в ґрунтових умовах. Облік культуральних рослин проводили через 4 тижні після садіння і результати занесені в табл. 4.

Таблиця 4

Ефективність пагоноутворення *Paulownia* ssp. в різних модифікаціях поживних середовищ на основі Мурасіге і Скуга

№ з/п	Походження колекційних зразків насіння	Вміст фітогормонів в поживному середовищі на 1 дм ³ розчину	Кількість посажених експлантів, шт.	Кількість пагонів сумарно, шт.	Кількість міжвузль, шт.	Кількість сегментів на експлант, шт./екс.	Ефективність пагоноутворення, паг/експлант
1.	'Shang Thong' (<i>P. fortunei</i> x <i>P. tomentosa</i>)	Безгормональне середовище	30	34	102	3,4	1,2
БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 0,5 мг/дм ³ Гіберелін 0,3 мг/дм ³		30	37	113	3,8	1,3	
БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 1,5 мг/дм ³		30	40	120	4,0	1,3	
Всього		90	111	335	3,7	1,3	

продовження табл. 4

2.	'9501' (<i>P. tomentosa</i> x <i>P. fortunei</i>)	Безгормональне середовище	30	30	80	2,7	1
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 0,5 мг/дм ³ Гіберелін 0,3 мг/дм ³	30	42	114	3,8	1,4
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 1,5 мг/дм ³	30	60	138	4,6	2
		Всього	90	132	332	3,7	1,6
3.	<i>Paulownia elongata</i> S.Y.Hu (природний вид)	Безгормональне середовище	30	30	60	2,0	1
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 0,5 мг/дм ³ Гіберелін 0,3 мг/дм ³	30	30	90	3,0	1
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 1,5 мг/дм ³	30	63	172	5,7	2
		Всього	90	123	322	3,6	1,5
4.	'Z07' (<i>P. fortunei</i> x <i>P. tomentosa</i> x <i>P. kawakami</i>)	Безгормональне середовище	30	48	133	4,4	1,6
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 0,5 мг/дм ³ Гіберелін 0,3 мг/дм ³	30	48	138	4,6	1,6
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 1,5 мг/дм ³	30	81	85	2,8	2,7
		Всього	90	177	356	4,0	1,9
5.	<i>Paulownia tomentosa</i> Steud. (природний вид)	Безгормональне середовище	30	30	65	2,2	1
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 0,5 мг/дм ³ Гіберелін 0,3 мг/дм ³	30	33	79	2,6	1,1
		БАП 1,5 мг/дм ³ , Кінетин 1,5 мг/дм ³	30	42	117	3,9	1,4
		Всього	90	105	261	2,9	1,3

Ефективність пагоноутворення раховували як відношення кількості утворених бокових пагонів до кількості введених експлантів. Найвища ефективність пагоноутворення спостерігалась в гібриду *P. 'Z07'* із значенням 2,7 на середовищі з БАП 1,5 мг/дм³ та кінетином 1,5 мг/дм³. Такий високий показник був спричинений індукцією пагонів не лише із пазушних бруньок, а й з морфогенного калюсу. Також на безгормональному середовищі показник був досить високий – 1,6 паг/експлант, що означає високу

пагоноутворюючу здатність гібриду без впливу гормональних речовин.



Рис. 2. Рослини-регенеранти *Paulownia* на поживному середовищі для індукції пагонів

Найкращі результати у досліджуваних зразків були на поживному середовищі з БАП $1,5 \text{ мг/дм}^3$ та кінетином $1,5 \text{ мг/дм}^3$ і змінювались в межах 1,3–2,7 пагонів на експлант.

В першому пасажі використовували БАП і кінетин, який забезпечує утворення додаткових бокових пагонів для всіх зразків із наступним етапом пересадки на середовище у концентраціях гормонів БАП $0,3 \text{ мг/дм}^3$ і кінетину $0,15 \text{ мг/дм}^3$ для формування сегментів і покращення ефективності мікроклонального розмноження для отримання культуральної розсади. В якості контролю використано поживне середовище без використання гормонів. Результати кількості сегментів наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Кількість утворених сегментів для розмноження культуральної
Paulownia ssp. в різних модифікаціях поживних середовищ
Мурасіге і Скуга

Походження колекційних зразків насіння	Вміст фітогормонів в поживному середовищі на 1 дм ³ розчину	Кількість отриманих регенерантів, шт.	Середня висота 1 рослини, см	Сума сегментів на 1 селек. номер, шт.	Кількість утворених сегментів на 1 рослину, шт./роsl.
'Shang Thong' (<i>P. fortunei</i> x <i>P. tomentosa</i>)	БАП 0,3 мг/дм ³ , кінетин 0,15 мг/д ³	49	4,3	216	4,4
	Безгормональне середовище	30	3,0	102	3,4
'9501' (<i>P. tomentosa</i> x <i>P. fortunei</i>)	БАП 0,3 мг/дм ³ , кінетин 0,15 мг/дм ³	46	5,0	188	4,1
	Безгормональне середовище	30	2,9	80	2,7
<i>Paulownia elongata</i> S.Y.Hu (природний вид)	БАП 0,3 мг/дм ³ , кінетин 0,15 мг/дм ³	31	6,1	146	4,7
	Безгормональне середовище	30	2,6	65	2,2
<i>Paulownia tomentosa</i> Steud. (природний вид)	БАП 0,3 мг/дм ³ , кінетин 0,15 мг/дм ³	8	9	59	7,4
	Безгормональне середовище	30	2,5	65	2,2

Проаналізувавши таблицю 6, можна виокремити високу ефективність пагоноутворення і в кінцевому результаті сегментоутворення у виду *Paulownia tomentosa* Steud., що сягає значення 7,4 сегментів на 1 рослину на поживному середовищі з умістом фітогормонів БАП 0,3 мг/дм³ та гібереліну 0,15 мг/дм³.

З отриманих результатів дослідження видно, що пророщування насіння на вологому стерильному фільтрувальному папері в чашках Петрі до формування експлантів зародкових листочків і апікальних меристем протягом 14 діб дає високу ефективність у порівнянні із стерилізацією насіння, а саме негативною дією стерилізуючих речовин на експланти, на відміну від досліджень Л. Штерева та ін. (2014), в яких пророщували до 30 діб.

Виявлено, що на поживному середовищі з БАП 0,3 мг/дм³ та гібереліном 0,15 мг/дм³ всі селекційні номери мали вищу здатність до сегментоутворення і сягали значення кількості сегментів від 4,1 шт./рослину до 7,4 шт./рослину. Невеликі витрати фітогормонів, але в сукупності дали значний результат, тому можна стверджувати, що при концентрації БАП 0,3 мг/дм³ рослини мали значення сегментоутворення до 7,4 сегментів на культуральну рослину [6; 9; 10; 11].

Висновки. Новий спосіб мікроклонального розмноження представників роду *Paulownia*, з використанням у якості експлантів зародкових листочків і апікальних меристем із проростків насіння на штучних поживних середовищах *in vitro*, гіпохлориту натрію для отримання культуральної розсади, макро- і мікросолей на базовому середовищі Мурасіге-Скуга характеризується тим, що пророщування насіння проводиться в умовах *in vivo* вродовж 14 діб.

Процес стерилізація проростків відбувається 20% розчином натрію гіпохлорит упродовж 2–5 хвилин, а отримані додаткові пагони на поживному середовищі з включенням фітогормонів БАП 1,5 мг/дм³ і кінетину 1,5 мг/дм³ значно збільшує вихід сегментів на один експлант *in vitro*, що може досягати на одну рослину до 7,4 сегментів.

1. Bergmann B. A., Moon H. K. In vitro adventitious shoot production in Paulownia. *Plant Cell Reports*. 1997. № 16. P. 315–319.
2. Enjalric F., Carron M. P., Lardet L. Bacterial and bacteria-like contaminants of plant tissue cultures: a symposium in the CEC crop productivity programme. *International Symposium on Bacterial and Bacteria like Contaminants of Plant Tissue Culture*, 1987-09-23/1987-09-25, Cork (Irlande), 1988. P. 57–65.
3. Статистичний аналіз агрономічних даних в пакеті Statistica 6.0. / Ерментраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Методичні вказівки. К. : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
4. Giri C. C., Shyamkumar B. and Anjaneyulu C. Progress in Tissue Culture, Genetic Transformation and Applications of Biotechnology to Trees: An Overview. *Trees*. 2004. № 18. P. 115–135.
5. Hakan M., Akyildiz H., Sahin K. Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. 2010. URL: http://www.jeb.co.in/journal_issues/201005_may10/paper_21.pdf (дата звернення: 10.08.2023).
6. Ipekci Z., Gozukirmizi N. Direct somatic embryogenesis and synthetic seed production from Paulownia elongata. *Plant Cell*. 2003. № 22. P. 16–24.
7. Leifert C., Ritchie J. Y. & Waites W. M. Contaminants of plant-tissue and cell cultures. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 1991. № 7. P. 452–469.
8. Murashige T., Skoog F. A. Revised

Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol.Plant.* 1962. № 15. P. 473–497. **9.** Ozaslan M., Can C., Aytekin T. Effect of explant source on in vitro propagation of Paulownia tomentosa Steud. *Biotechnology & Biolechnological Equipment.* 2005. № 19. P. 20–26. **10.** Pożoga, M., Olewnicki, D., Jabtońska, L. () In Vitro Propagation Protocols and Variable Cost Comparison in Commercial Production for Paulownia tomentosa × Paulownia fortune Hybrid as a Renewable Energy Source. *Appl. Sci.* 2019. № 9, 2272. **11.** Shtereva L., Vassilevska-Ivanova R., Karceva T., Kraptchev B. Micropropagation of six Paulownia genotypes through tissue culture. *Journal of Central European Agriculture.* 2014. Vol. 15, no. 4. Pp. 147–156. URL: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/15.4.1523> (дата звернення: 10.08.2023). **12.** Лісовий М. М., Григорюк Б. П., Мацкевич О. В. Біотехнологічні, фізіологічні та екологічні особливості розмноження гібриду павловнії (Paulownia) в культурі in vitro. *Іноваційні агротехнології : матеріали всеукраїнської наукової конференції, 28 березня. Умань, 2018.* С. 16–17. **13.** Мацкевич О. В., Лісовий М. М. Особливості розмноження гібриду Павловнії (Paulownia) in vitro. Біотехнологія: звершення та надії. *Збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої до 120-річчя НУБІП України (14–16 листопада 2017 року, м. Київ).* Компринт. С. 218–219. **14.** Chunchukov A., Yancheva S. Micropropagation of Paulownia species and hybrids. *Annuaire de l'Université de Sofia "St. KlimentOhridski".* 2015. Vol. 100. P. 223–230. **15.** San José, M. C., Cernadas, M. J., & Corredoira, E. Histology of the regeneration of *Paulownia tomentosa* (Paulowniaceae) by organogenesis. *Revista De Biología Tropical.* 2014. № 62(2). P. 809–818. URL: <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.10845> (дата звернення: 10.08.2023).

REFERENCES:

1. Bergmann B. A., Moon H. K. In vitro adventitious shoot production in Paulownia. *Plant Cell Reports.* 1997. № 16. P. 315–319. **2.** Enjalric F., Carron M. P., Lardet L. Bacterial and bacteria-like contaminants of plant tissue cultures: a symposium in the CEC crop productivity programme. *International Symposium on Bacterial and Bacteria like Contaminants of Plant Tissue Culture, 1987-09-23/1987-09-25, Cork (Irlande), 1988.* P. 57–65. **3.** Statystychnyi analiz ahronomichnykh danykh v paketi Statistica 6.0. / Ermentraut E. R., Prysiazhniuk O. I., Shevchenko I. L. *Metodychni vказivky. K. : PolihrafKonsaltnyh, 2007.* 55 s. **4.** Giri C. C., Shyamkumar B. and Anjaneyulu C. Progress in Tissue Culture, Genetic Transformation and Applications of Biotechnology to Trees: An Overview. *Trees.* 2004. № 18. P. 115–135. **5.** Hakan M., Akyildiz H., Sahin K. Some technological properties and uses of paulownia (Paulownia tomentosa Steud.) wood. 2010. URL: http://www.jeb.co.in/journal_issues/201005_may10/paper_21.pdf (data

zvernennia: 10.08.2023). **6.** Ipekci Z., Gozukirmizi N. Direct somatic embryogenesis and synthetic seed production from *Paulownia elongata*. *Plant Cell*. 2003. № 22. P. 16–24. **7.** Leifert C., Ritchie J.Y. & Waites W.M. Contaminants of plant-tissue and cell cultures. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 1991. № 7. P. 452–469. **8.** Murashige T., Skoog F. A. Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol.Plant*. 1962. № 15. P. 473–497. **9.** Ozaslan M., Can C., Aytekin T. Effect of explant source on in vitro propagation of *Paulownia tomentosa* Steud. *Biotechnology & Biolechnological Equipment*. 2005. № 19. P. 20–26. **10.** Pożoga, M., Olewnicki, D., Jabłońska, L. () In Vitro Propagation Protocols and Variable Cost Comparison in Commercial Production for *Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortune* Hybrid as a Renewable Energy Source. *Appl. Sci*. 2019. № 9, 2272. **11.** Shtereva L., Vassilevska-Ivanova R., Karceva T., Kraptchev B. Micropropagation of six *Paulownia* genotypes through tissue culture. *Journal of Central European Agriculture*. 2014. Vol. 15, no. 4. Pp. 147–156. URL: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/15.4.1523> (data zvernennia: 10.08.2023). **12.** Lisovyi M. M., Hryhoriuk B. P., Matskevych O. V. Biotekhnolohichni, fiziolohichni ta ekolohichni osoblyvosti rozmnozhennia hibrydu pavlovnii (*Paulownia*) v kulturi in vitro. *Inovatsiini ahrotekhnolohii* : materialy vseukrainskoi naukovi konferentsii, 28 bereznia. Uman, 2018. S. 16–17. **13.** Matskevych O. V., Lisovyi M. M. Osoblyvosti rozmnozhennia hibrydu Pavlovnii (*Paulownia*) in vitro. Biotekhnolohiia: zvershennia ta nadii. *Zbirnyk tez VI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoj do 120-richchia NUBIP Ukrainy* (14–16 lystopada 2017 roku, m. Kyiv). Kompyrynt. C. 218–219. **14.** Chunchukov A., Yancheva S. Micropropagation of *Paulownia* species and hybrids. *Annuaire de l'Université de Sofia "St. KlimentOhridski"*. 2015. Vol. 100. P. 223–230. **15.** San José, M. C., Cernadas, M. J., & Corredoira, E. Histology of the regeneration of *Paulownia tomentosa* (*Paulowniaceae*) by organogenesis. *Revista De Biología Tropical*. 2014. № 62(2). P. 809–818. URL: <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.10845> (data zvernennia: 10.08.2023).

Kovalchuk N. S., Senior Research Fellow, Bordus O. Y., Junior Research Fellow, Post-graduate Student (Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, Kyiv)

BIOTECHNOLOGICAL METHOD OF PROPAGATION OF PAULOWNIA SSP

The purpose of this study is to develop highly efficient methods of in vitro propagation of introduced species of the genus *Paulownia*

Siebold & Zucc. for the development of bioenergy in Ukraine, obtaining a collection of raw materials for selection, replication of high-quality planting material. According to the results of the experimental studies, it was established that the germination of seeds in vivo took place for 14 days, the sterilization of the germ leaves and apical meristems was carried out with solutions of sodium hypochlorite with a mass fraction of 20% and an exposure time of 2–5 minutes. Additional shoots were obtained on Murashige-Skuga nutrient medium with the inclusion of hormonal substances BAP 1.5 mg/dm³ in order to achieve the maximum number of internodes and rooting of cultural seedlings, nutrient media containing BAP 0.3 mg/dm³ and kinetin 0.15 mg/dm³ were added. A method of microclonal reproduction of paulownia was developed using as explants apical meristems from seed seedlings of introduced species of the genus *Paulownia* Siebold & Zucc. and the obtained collection of starting materials for in vitro breeding (*Paulownia tomentosa* Steud., *Paulownia elongata* S.Y.Hu; *Paulownia* '9501' (*Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei*); *Paulownia* 'Zo7' (*Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei* × *Paulownia kawakamii*); *Paulownia* 'Shan thong' (*Paulownia tomentosa* × *Paulownia fortunei*). The highest percentage of shoot regeneration on the medium with the addition of 1.5 mg/dm³ kinetin and 1.5 mg/dm³ BAP was characteristic of selected lines of *Paulownia elongata* S.Y.Hu with a shoot formation coefficient of 2 pp./ex and 'Z07' (*P. fortunei* × *P. tomentosa* × *P. kawakami*) with a value of 2.7 pg./ex. After transplanting to nutrient medium with BAP 0.3 mg/dm³ and gibberellic acid 0.15 mg/dm³ the best results were in *Paulownia tomentosa* Steud., with the formation of 7.4 shoots per plant.

Keywords: bioenergy plants; paulownia; microclonal reproduction; phytohormones; sterilization; biotechnological lines.

Крайна М. А., здобувач, Фурманець О. А., к.с.-г.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, march.v93@gmail.com, o.a.furmanets@nuwm.edu.ua)

ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ ЗА РІЗНИХ ДОЗ ОСНОВНОГО УДОБРЕННЯ

Зона Полісся займає приблизно 18,3% території України, де ґрунтовий покрив представлений в основному дерново-підзолистими ґрунтами. Незважаючи на це, саме на території Західного Полісся активно вирощується кукурудза. Враховуючи значну частку цієї культури у сівозмінах регіону постало питання удосконалень рішень щодо вирощування кукурудзи із максимально ефективним результатом.

Завданням досліджень було встановити особливості формування продуктивності гібриду кукурудзи при внесенні різних доз та видів добрив при посіві на дерново – підзолистих ґрунтах Західного Полісся. Дослідне поле знаходиться в Березнівському районі, що розташований у східній частині Рівненщини фізико-географічної зони мішаних лісів Поліського краю (провінції). Переважаючим типом ґрунту на території дослідного поля, що знаходиться в с. Яринівка є дерново – підзолистий супіщаний. Дослідження проводились впродовж 2021–2022 рр. Вихідним матеріалом для проведення досліджень було використано сертифіковане насіння (F1) гібриду кукурудзи 30273 компанії Лімагрейн. Гібрид відзначається стабільним ростом за різних умов, високою продуктивністю та високим показником енергії початкового росту.

У результаті проведених досліджень протягом 2021–2022 рр. вивчено продуктивність гібриду на 4-х дослідних варіантах різного припосівного удобрення. Найкращі показники врожайності спостерігали на варіанті із внесення добрива Яра 16:16:16 у дозі 150 кг/га – 8,76 т/га. Максимальну масу 1000 зерен, в середньому за роки дослідження – 349 г, було отримано за сівби із внесенням добрива Grupa Azoty у дозі 150 кг/га. Разом із тим залишок

рухомого фосфору в ґрунті після збирання кукурудзи було найбільш збалансованим саме на варіанті із застосуванням добрива 8:24:24 у дозі 150 кг/га.

За вирощування кукурудзи на зерно в умовах Західного Полісся України з метою більш повного використання ґрунтово-кліматичного потенціалу та економії матеріально-технічних і грошових ресурсів пропонуємо для отримання урожаю зерна на рівні 8,8 т/га висівати гібрид із припосівним внесенням комплексних добрив у дозі 150 кг/га на фоні повноцінного азотного живлення – N120.

Ключові слова: врожайність; якісні показники зерна; комплексне добриво; мінеральне добриво; дерново-підзолисті ґрунти; кукурудза.

Постановка проблеми. Наразі важко уявити успішне ведення сільськогосподарського виробництва без використання таких засобів інтенсифікації як мінеральні добрива, засоби захисту та регулятори росту, які дають змогу на 40-60% підвищити рівень продуктивності посівів [1]. Останніми роками гостро постало питання раціонального використання ресурсів, зокрема і внесення добрив при посіві культур. Причиною цьому є значне зростання цін на газ, паливо тощо. Зміни відбуваються не лише з боку господарств, а й – виробників добрив, що відгукується і у покращенні, хоча і не завжди, якості продукту. Варто врахувати, що нерегламентоване застосування продуктів без врахування особливостей потреб гібриду, можливостей того чи іншого типу ґрунту і т. д. може призвести до негативних наслідків, в тому числі зниження врожайності та знецінення вирощеної продукції.

Кукурудза, безперечно, є важливою продовольчою культурою, яка роками присутня у сівозмінах більшості господарств. Зерно кукурудзи широко використовується у різних галузях промисловості. За даними Державної митної служби України експорт зерна кукурудзи (до 2022 року) на світовий ринок займав 13% у міжнародному агросекторі. Тобто і надалі вирощування кукурудзи завдяки високому потенціалу врожайності посідає провідне місце серед зернових культур. В цілому по вимогах до умов вирощування культура є лояльною, оскільки не є вибагливою до попередників і сама, водночас, є гарним попередником, як мінімум, через те, що із

іншими культурами має вкрай мало спільних шкідників. Проте до живлення, особливо щодо основних його елементів, кукурудза досить вимоглива [2].

Відомо, що найбільш критичним елементом у перші фази розвитку культури є фосфор, що є надзвичайно важливим для розподілу енергії по рослині: на початкових стадіях – це формування коренів, а згодом – протікання цвітіння і формування плодів. Не менш важливими є азот та калій, які найбільш ефективно та позитивно діють на рослини кукурудзи при їх комплексному застосуванні [2].

Сучасний розвиток виробництва мінеральних добрив характеризується підвищеною концентрацією в них поживних елементів, створенням більш удосконалених форм мінеральних добрив та їх традиційних форм [10, С. 351]. Внаслідок цього ринок мінеральних добрив досить насичений різними видами добрив, різноманітністю їх форм та швидкості дії. Тому проблема на якій акцентується дослідження: пошук балансу високого та якісного врожаю кукурудзи при найбільш обґрунтованому застосуванні того чи іншого добрива.

Аналіз досліджень та публікацій. Найбільш доступним і дешевим способом підтримки родючості ґрунту, боротьби з бур'янами, хворобами і шкідниками рослин є науково-обґрунтована сівозміна, до структури якої мають входити сільськогосподарські культури з високим природним потенціалом урожайності, стійкості проти біотичних та абіотичних чинників з високою конкурентоспроможністю в агроценозах [4, С. 114].

Для поліпшення мінерального живлення рослин добрива доцільно вносити при проведенні сівби. Таке внесення добрив забезпечує краще укорінення рослин і сприяє підвищенню їх стійкості проти несприятливих умов [5, С. 121].

Важливим чинником нормального мінерального «харчування» кукурудзи є не лише кількість, а й якість добрив. Відповідно, зростають вимоги щодо їх складу і ступеня засвоюваності [6].

Кукурудза потребує посиленого мінерального живлення аж до визрівання врожаю. Як культура тривалого вегетаційного періоду вона прагне засвоювати поживні речовини з ґрунту впродовж усього життєвого циклу. Азот і калій рослини кукурудзи споживають переважно до фази викидання волоті, а фосфор

активніше засвоюють під час проростання насіння, в період початкового розвитку і впродовж наливання і дозрівання зерна [7].

Удобрення сприяє продуктивнішому використанню вологи рослинами кукурудзи. За оптимального азотного живлення вона активно засвоюють фосфор [8].

Фосфор відіграє роль супутника азоту і білкових сполук. За нестачі фосфору уповільнюється синтез білків і накопичується більше нітратів. Тому дози азотних та фосфорних добрив мають бути збалансовані [9, С. 124].

Ефективним способом внесення мінеральних добрив є припосівний. Для цього застосовують повні складні мінеральні добрива дозою 1 ц/га фізичної маси. При цьому найвища ефективність рядкового внесення мінеральних добрив спостерігається на полях, недостатньо удобрених у допосівний період, із низьким і середнім вмістом рухомих фосфатів у ґрунті [2].

Враховуючи затребуваність подальшого вирощування кукурудзи, враховуючи «бідність» поживного комплексу дерново-підзолистих ґрунтів, дослідження було спрямоване на пошук оптимальних рішень, які б забезпечили гарантовану економічну ефективність виробництва при вирощуванні кукурудзи саме в зоні Полісся.

Матеріали та методи досліджень. Метою роботи є визначення найбільш оптимальних доз припосівного удобрення кукурудзи в умовах Західного Полісся. Схема дослідження включала застосування 2-х видів комплексних добрив при посіві кукурудзи у дозах 100 та 150 кг/га. Також протягом проведення досліджень було проведено фенологічні спостереження, аналіз зерна та аналіз ґрунту. Слід наголосити, що дослід закладали не з ціллю підтвердити ефективність застосування комплексного добрива по відношенню до неудобрених ділянок, проте з ціллю сфокусувати увагу на різниці дії основного удобрення, зважаючи на елементний склад та дозу внесеного добрива.

Саме тому, протягом 2021–2023 років на території господарства ТОВ «Захід Агропром», що знаходиться у Рівненській області, Рівненського району (Зона Західного Полісся України) на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах було закладено польові виробничі апрабації внесення доз та видів добрив.

Таблиця 1

Загальна схема випробування на посівах гібриду кукурудзи

Варіант
Група Azoty 8:24:24 100 кг/га
Група Azoty 8:24:24 150 кг/га
Яра 16:16:16 100 кг/га
Яра 16:16:16 150 кг/га

Посів гібриду кукурудзи ЛГ20373 здійснювався 8-ми рядною сівалкою точного висіву Tempo Vaderstad на глибину 4 см із одночасним внесення гранульованих комплексних добрив на глибину 7 см із зміщенням відносно рядка. Дослід було закладено згідно зі схемою наведеною в таблиці 1. Інші комплексні добрива не застосовувались. На всіх варіантах випробувань застосовувалось повне азотне живлення у нормі N_{120} .

Результати досліджень. Гібрид кукурудзи ЛГ 30273 селекції компанії Лімагрейн за сприятливих умов вирощування утворює 14–16-ти рядковий качан із 32-ма виповненими зернами в ряду. Після проведення морфологічних спостережень виявлено, що суттєвого впливу варіацій основного удобрення на формування кількості рядів та масі серцевини качана не було. Проте одночасно спостерігалось прямопропорційне збільшення маси зерен з одного качана та збільшення кількості зерен в ряду на варіантах добрив із дозою внесення 150 кг/га, незалежно від формуляції комплексного добрива. При чому можна виокремити результат на варіанті із добривом Група Azoty 8:24:24, де різниця у обох показниках істотно перевищує дані варіанту з такою ж дозою внесення, але з меншим вмістом фосфору та калію – 16:16:16.

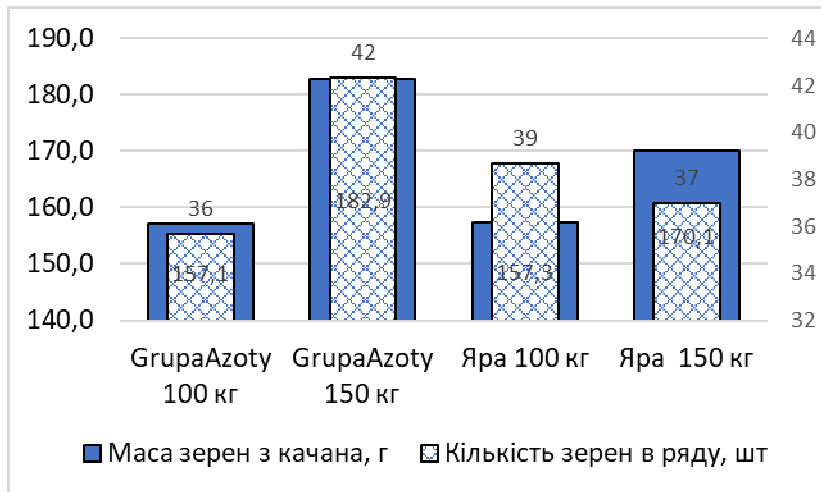


Рис. 1. Маса зерен з 1-го качана, г, та кількість зерен в ряду залежно від доз удобрення, шт.

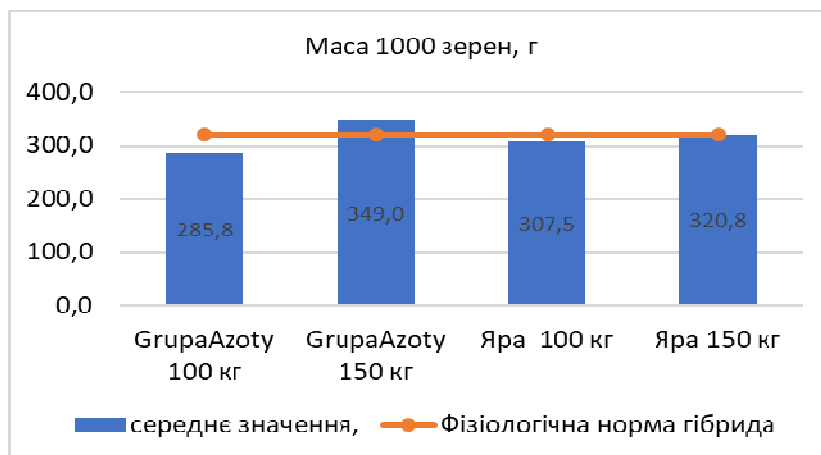


Рис. 2. Маса 1000 зерен залежно від удобрення, г

Згідно з вищенаведеними даними показник маси 1000 зерен варіювався від 285 г до 349 г. Знову ж таки, можна відмітити другий варіант дослідів, де показник значно вищий від решти. Слід зауважити, що гібрид ЛГ30273 за нормальних умов характеризується досить високою масою 1000 зерен (в середньому – 320 г). Отже, було зазначено, що на варіанті дослідів із дозою у 100 кг/га, спостерігалось зменшення показника відносно до фізіологічної норми гібрида. При чому на варіанті із комплексним добривом 16:16:16 приріст був неістотний ($НІР_{05} = 5,7\%$, що відповідає 18 г),

оскільки становив лише 0,25%, одночасно на варіанті 8:24:24 (150 кг/га) – зростання було значне і становило +9,06% – як середнє значення приросту за 2 роки дослідження.

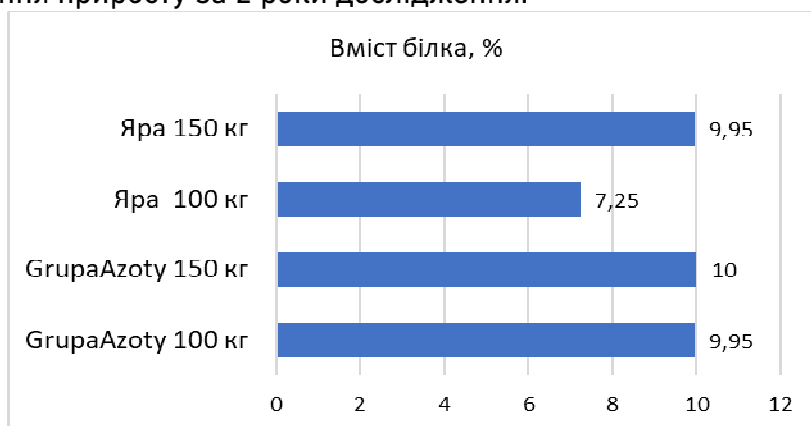


Рис. 3. Зміна вмісту білка в зерні кукурудзи залежно від удобрення
Найменший вміст білка у зерні кукурудзи спостерігалось на варіанті 3, (Яра – 100 кг/га), на решті варіантів його вміст зафіксували без істотних змін

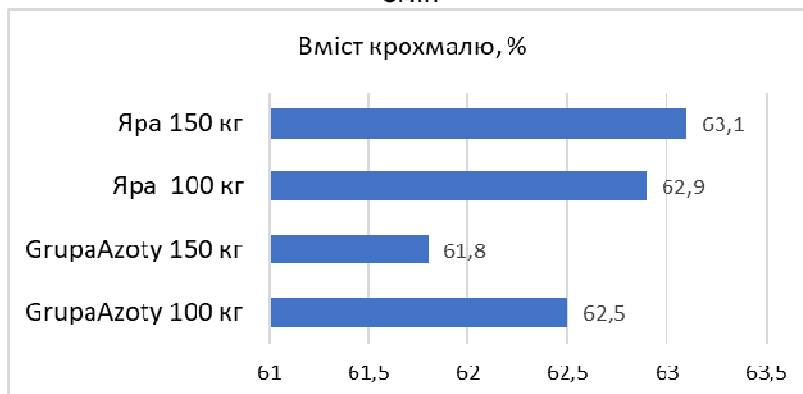


Рис. 4. Зміна вмісту крохмалю в зерні кукурудзи залежно від удобрення

Аналізуючи дані, зображені на рисунку № 4, спостерігали деяке зменшення вмісту крохмалю на 2-му варіанті, що обернено пропорційне до вмісту білка, згідно з рисунком 3. Це свідчить про певну взаємозалежність вмісту білка-крохмалю в зерні. Тобто краще живлення сприяло утворенню більшої кількості білка, внаслідок чого вміст крохмалю знижувався. Зауважимо, що при низькому вмісту білка різниця між показниками нівелюється.

Безперечно найважливішим показником, що характеризує актуальність вирощування культури у досліджуваних умовах та

доцільність застосування тих чи інших добрив є залікова врожайність. Отримані результати наведені на рисунку № 5.

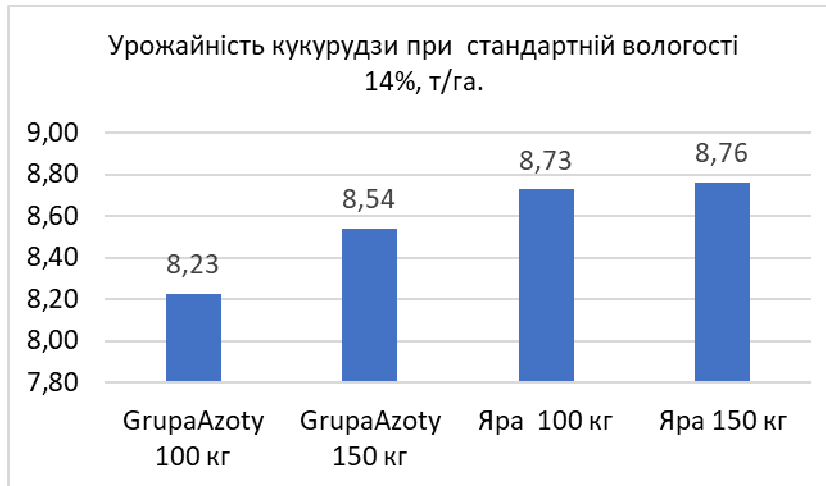


Рис. 5. Усереднені дані урожайності кукурудзи за 2 роки досліджень залежно від удобрення, т/га ($HP_{05}=3,45\%$)

Із наведеного графіка видно, що всі варіанти удобрення сприяли досить високій врожайності кукурудзи і зі збільшенням дози комплексного добрива пропорційно зростав показник урожайності культури. Найбільша врожайність відслідковувалась на варіанті із застосуванням добрива Яра 16 у дозі 150 кг/га, що може свідчити про те, що культура під час вегетації вчасно, а головне в достатній кількості отримувала живлення макроелентами і, відповідно, показала найвищий результат.

«Бідність» дерново-підзолистих ґрунтів сприяє тому, що рослина використовує виключно ті добрива, які ми вносимо при її вирощуванні.

Протягом проведення дослідження було враховано і фактор швидкості розчинення добрив. На варіантах із добривом марки Яра елемент активно поглинався рослинами і «вчасно» діяв, тоді як елементний вміст добрив Група Azoty мав довший «період спокою» гранули і основна частина вивільнення, зокрема, фосфору відбулась пізніше, ніж кукурудза того потребувала.

Таку взаємодію добрива-ґрунту-рослини на прикладі рухомого фосфору відображено на рисунку 5 [10 п. 9.2]. Зразок було відібрано після збору кукурудзи.

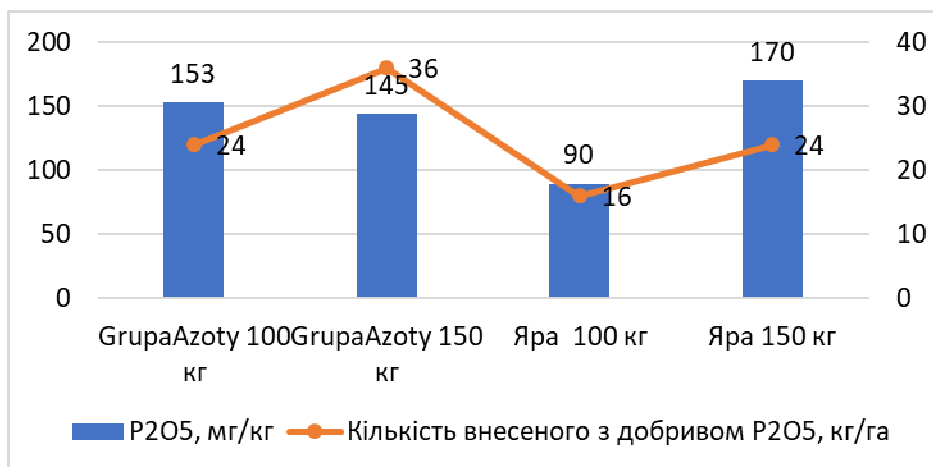


Рис. 6. Вміст рухомих форм фосфору в ґрунті у післязбиральний період, мг/кг

З графіка видно, що залишок рухомого фосфору в ґрунті після збирання кукурудзи на варіантах із дозою внесення 150 кг/га на перший погляд не відрізняється, проте варто відзначити різні кількості P₂O₅ внесеного з добривом та, відповідно, різну кількість ефективно засвоєного фосфору. Можна відмітити найбільш ефективний рух фосфору на варіанті із добривом 8:24:24 у дозі 150 кг/га.

Висновки. Таким чином внесення комплексних добрив у припосівне удобрення кукурудзи сприяло підвищенню врожайності кукурудзи та якісних показників зерна культури. Залежно від дози внесення добрива було отримано врожайність від 8,2 до 8,8 т/га. При цьому максимальну продуктивність гібрида було отримано на варіанті із внесенням добрива 16:16:16 у дозі 150 кг/га. Водночас найкращі результати по якості зерна були отримані на варіанті із застосуванням добрива 8:24:24 у дозі 150 кг/га, який відзначався найбільш оптимальним засвоєнням рухомого фосфору.

Підсумовуючи, варто відзначити, що і врожайність кукурудзи, і якість зерна є вищою саме при вищих дозах внесення комплексних добрив на фоні повного азотного живлення культури.

1. Кукурудза. URL: <https://www.agro.basf.ua/uk/Crop-Solutions/кукурудза>. (дата звернення: 22.08.2023). 2. Цилюрик О. І., Чабан В. І. Живлення і удобрення основних польових культур. *Агробізнес сьогодні*. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/16153-zhyvlennia-i->

udobrennia-osnovnykh-polovykh-kultur.html (дата звернення: 22.08.2023).
3. Шевчук М. Й., Веремеєнко С. І. Агрохімія : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 728 с. **4.** Фурманець О. А. Продуктивність жита озимого на дерново-підзолистих ґрунтах західного полісся за різних доз основного удобрення. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 1(97). С. 114–122.
5. Царенко О. М., Троценко В. І., Жатов О. Г., Жатова Г. І. Рослинництво з основами кормовиробництва : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2015. 384 с. **6.** Євтушенко В. Як обрати гібрид кукурудзи. Куркуль, електронний асистент фермера. 2020. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/702-yak-obrati-gibrid-kukurudzi> (дата звернення: 22.08.2023). **7.** Павлюк І. Мінеральне живлення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2020. Вип. 3. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/16998-mineralne-zhyvlennia-kukurudzy.html> (дата звернення: 22.08.2023). **8.** Господаренко Г. М. Удобрення кукурудзи. *The Ukrainian Farmer*. 2020. Вип. № 10. URL: <https://agrotimes.ua/article/udobrennya-kukurudzy> (дата звернення: 22.08.2023). **9.** Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2018. 560 с. **10.** ДСТУ 4405:2005. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2005–30–05]. Вид. офіц. Київ, 2006. 7 с. (Інформація та документація).

REFERENCES:

1. Kukurudza. URL: <https://www.agro.basf.ua/uk/Crop-Solutions/kukurudza>. (data zvernennia: 22.08.2023). **2.** Tsyliuryk O. I., Chaban V. I. Zhyvlennia i udobrennia osnovnykh polovykh kultur. *Ahrobiznes sohodni*. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/16153-zhyvlennia-i-udobrennia-osnovnykh-polovykh-kultur.html> (data zvernennia: 22.08.2023). **3.** Shevchuk M. Y., Veremeienko S. I. Ahrokhimiia : navch. posib. Rivne : NUVHP, 2011. 728 s. **4.** Furmanets O. A. Produktyvnist zhyta ozymoho na dernovo-pidzolystykh hruntakh zakhidnoho polissia za riznykh doz osnovnoho udobrennia. *Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky*. 2022. Vyp. 1(97). S. 114–122. **5.** Tsarenko O. M., Trotsenko V. I., Zhatov O. H., Zhatova H. I. Roslynyystvo z osnovamy kormovyrobnytstva : navch. posib. Sumy : Universytetska knyha, 2015. 384 s. **6.** Yevtushenko V. Yak obraty hibryd kukurudzy. Kurkul, elektronnyi asystent fermera. 2020. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/702-yak-obrati-gibrid-kukurudzi> (data zvernennia: 22.08.2023). **7.** Pavliuk I. Mineralne zhyvlennia kukurudzy. *Ahrobiznes sohodni*. 2020. Vyp. 3. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/16998-mineralne-zhyvlennia-kukurudzy.html> (data zvernennia: 22.08.2023). **8.** Hospodarenko H. M. Udobrennia kukurudzy. *The Ukrainian Farmer*. 2020. Vyp. № 10. URL: <https://agrotimes.ua/article/udobrennya->

kukurudzy (data zvernennia: 22.08.2023). **9.** Hospodarenko H. M. Ahrokhimiia : pidruchnyk. Kyiv : TOV «SIK HRUP Ukraina», 2018. 560 s. **10.** DSTU 4405:2005. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu i kaliuu za metodom Kirsanova v modyfikatsii NNTs IHA. [Chynnyi vid 2005–30–05]. Vyd. ofits. Kyiv, 2006. 7 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).

Kraina M. A., Applicant, Furmanets O. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

PRODUCTIVITY OF CORN ON SOD-PODZOLIC SOILS OF THE WESTERN POLISSIA DEPENDING OF DIFFERENT DOSES OF BASIC FERTILIZER

The Polissia zone occupies approximately 18.3% of the territory of Ukraine, where the soil cover is represented mainly by sod-podzolic soils. Despite this, corn is actively grown on the territory of Western Polissia. Taking into account the significant share of corn in crop rotations of the region, the question arose of improving decisions regarding the cultivation of corn with the most effective result.

The task of the research was to establish the peculiarities the productivity of the corn hybrid by applying different doses and types of fertilizers on sod-podzolic soils of the Western Polissia. The experimental field is located in the Berezne district, which is located in the eastern part of the Rivne region of the physical-geographical zone of mixed forests of the Polissia region (province). The predominant type of soil on the territory of the experimental field located in the village of Yarynivka is podzolic sandy. The research was conducted during 2021–2022. Certified seed (F1) of the 30273 corn hybrid of the Limagrain company was used as the starting material for the research. The hybrid is characterized by stable growth under various conditions, high productivity and a high index of initial growth energy.

As a result of the research carried out during 2021–2022, the productivity of the hybrid was studied on 4 experimental variants of various post-sowing fertilizers. The best yield indicators were observed on the variant with the application of fertilizer Yara 16:16:16 in a dose of 150 kg/ha – 8.76 t/ha. The maximum mass of 1,000 grains, on average over the years of the study – 349 g, was obtained

when sowing with Grupa Azoty fertilizer at a rate of 150 kg/ha. At the same time, the balance of mobile phosphorus in the soil after harvesting corn was the most balanced in the variant with the use of fertilizer 8:24:24 at a dose of 150 kg/ha.

For the cultivation of corn for grain in the conditions of the Western Polissia of Ukraine, in order to more fully use the soil and climatic potential and save material, technical and financial resources, we propose to sow a hybrid with a pre-sowing application of complex fertilizers in a dose of 150 kg/ha to obtain a grain yield of 8.8 t/ha against the background of full nitrogen nutrition – N₁₂₀.

Keywords: yield; grain quality indicators; complex fertilizer; mineral fertilizer; sod-podzolic soils; corn.

УДК 614.777:351.862.4(477.81) <https://doi.org/10.31713/vs3202310>

Ліхо О. А., к.с.-г.н., професор, Гакало О. І., к.с.-г.н., викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Скиба В. П., к.с.-г.н., старший викладач** (Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя)

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННІ НАСЕЛЕННЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

В умовах воєнного стану оцінювання ризиків при водозабезпеченні населення набуває особливого значення. Незахищеність водоносних горизонтів, які використовуються як джерела нецентралізованого водопостачання в Рівненській області, обумовлює високий рівень ризику забруднення води в умовах воєнного стану. Через обстріли об'єктів критичної інфраструктури, масове застосування боєприпасів значна кількість хімічних компонентів потрапляє у поверхневі та підземні води, викликаючи їх критичне забруднення. Встановлено, що в умовах воєнного стану при забезпеченні населення із нецентралізованих джерел водопостачання зростає вірогідність їх забруднення нафтопродуктами, важкими металами, діоксинами та іншими речовинами, які потрапляють у навколишнє природне середовище внаслідок використання боєприпасів та руйнування об'єктів критичної інфраструктури.

Ключові слова: рівень ризику; воєнний стан; нецентралізовані джерела водопостачання; показники якості води; джерела забруднення.

Постановка проблеми. Питання забезпечення населення України питною водою завжди належало до найбільш соціально значущих, оскільки її якість безпосередньо впливає на стан здоров'я населення і визначає ступінь екологічної безпеки цілих регіонів [1]. «Водна стратегія України на період до 2050 року», схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 року передбачає запровадження сучасних підходів і практик планування безпеки питної води та санітарно-профілактичних заходів на основі оцінки та управління ризиками [2].

У сучасних умовах оцінка ризиків при забезпеченні населення питною водою набула особливого значення. Внаслідок російської агресії значні за площею території України засмічені продуктами руйнації, забруднені небезпечними речовинами, які утворюються від розриву вибухових боєприпасів. Через обстріли об'єктів критичної інфраструктури, велика кількість хімічних компонентів потрапляє у поверхневі та підземні води, викликаючи їх критичне забруднення.

Результати проведеної у свій час оцінки рівня ризику за розробленою нами методикою, показали, що при водозабезпеченні населення Рівненської області, більша ймовірність виникнення ризику спостерігається при забезпеченні населення водою із нецентралізованих джерел водопостачання [3]. Перш за все це пов'язано з слабкою захищеністю водоносних горизонтів, що використовуються для нецентралізованого водопостачання, незначною глибиною колодязів, невідповідністю санітарним нормам [4] місць їх розташування та облаштування. В умовах воєнних дій джерела нецентралізованого водопостачання стають ще більш вразливими.

В зв'язку з цим, методика оцінки ризиків при водозабезпеченні населення, яка була нами розроблена, потребує подальшого розвитку відповідно до нових викликів, пов'язаних з російською воєнною агресією. В першу чергу це стосується розширення переліку забруднюючих речовин, які мають підлягати контролю в цей період, бо здатні викликати забруднення всіх компонентів навколишнього природного середовища, зокрема підземних вод. В зв'язку з цим тема дослідження є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найбільшої гостроти проблема забезпечення населення якісною питною водою набула під час воєнного стану, в якому знаходиться наша країна. В зв'язку з цим, наказом Міністерства охорони здоров'я України № 683 від 22.04.2022 р. затверджено «Державні санітарні норми і правила «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру»». Вони застосовуються в умовах воєнного стану та під час надзвичайних ситуацій на окремій території протягом визначеного періоду часу за рішенням відповідної регіональної або місцевої комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій [5].

У структурі Державної екологічної інспекції України ще на початку російської агресії створено Оперативний штаб, завданням якого є фіксація всіх порушень у сфері охорони навколишнього природного середовища та притягнення росії до відповідальності [6]. В оприлюднених на сайті штабу матеріалах зазначається, що на території України внаслідок воєнних дій було пошкоджено значну кількість об'єктів критичної інфраструктури, що викликало катастрофічні наслідки для навколишнього середовища.

Значною проблемою стало забруднення артезіанських вод, частина яких раніше була законсервована і вважалася стратегічним запасом держави. Останнім часом до них мали доступ як фізичні так і юридичні особи, а зараз внаслідок воєнних дій та руйнацій ці свердловини інтенсивно забруднюються. При цьому достатньо одного випадку потрапляння забруднюючих речовин, які розповсюджуються на весь водоносний горизонт, перетворюючи воду на непридатну для вживання на тривалий період, це обумовлено тим, що підземний водообмін відбувається дуже повільно [6].

Одними з найбільш небезпечних довгострокових наслідків для природних екосистем є хімічне забруднення місць масового застосування боєприпасів. Також значної шкоди навколишньому середовищу завдають техногенні катастрофи внаслідок бомбардування та обстрілів підприємств і об'єктів критичної інфраструктури нашої країни. Причому застосування росією ракет дальнього радіусу дії створює техногенні катастрофи на всій території України, особливо в промислово-розвинених регіонах, де сконцентровані підприємства енергетичної, видобувної, переробної, хімічної та інших галузей промисловості. Значна частина цих речовин або продуктів їх згоряння потрапляє в атмосферне повітря, ґрунти, поверхневі та ґрунтові води, створюючи загрозу для природних екосистем [7].

Військова діяльність як така, передбачає наявність арсеналів, баз і складів зберігання боєприпасів та озброєння, баз і складів паливно-мастильних матеріалів, компонентів ракетного палива, складів військ радіаційного, хімічного та біологічного захисту [8]. Одними з перших зазнали ударів російських військ склади зберігання боєприпасів на території України. Детонація боєприпасів супроводжується вивільненням токсичних компонентів вибухових

речовин, здатних формувати гострі та хронічні ризики для здоров'я людей і впливати на стан навколишнього природного середовища.

Мета та методика досліджень. Метою даної роботи є дослідження особливостей формування ризиків при водозабезпеченні населення Рівненської області із нецентралізованих джерел та обґрунтування показників якості води, які мають підлягати контролю в умовах воєнного стану.

Систематизація, обробка, та аналіз матеріалів дослідження здійснювалися за допомогою описового, динамічного та порівняльного методів.

Результати та їх обговорення. Для дослідження особливостей формування ризиків при водозабезпеченні сільського населення в умовах воєнного стану, важливо мати інформацію стосовно водоносних горизонтів, які використовуються як джерело нецентралізованого водопостачання. В межах Рівненської області на Волинській, Подільській височинах та більшій частині Малого Полісся водоносними є алювіальні відклади сучасних рік та прохідних долин, а також флювіогляціальні піски і лесовидні суглинки на окремих понижених ділянках [9].

Живлення ґрунтових вод відбувається переважно шляхом інфільтрації атмосферних опадів, меншою мірою унаслідок залучення повеневих і паводкових вод. В окремих місцях підживлення цих вод зумовлене їх перетоком із більш глибоких (напірних) водоносних горизонтів через «вікна» у водотривких шарах, які підстеляють ґрунтову водоносну товщу. Зосередженість ґрунтових вод здебільшого виявлено у четвертинній товщі, де практично немає витриманих за площею і потужністю водотривких пластів.

Для водоносних горизонтів четвертинних відкладів властиве неглибоке залягання підземних вод (1–5 рідше до 10 м і більше), безнапірний характер, тісний зв'язок із зоною аерації і, відповідно, постійна залежність від поверхневих умов живлення та метеорологічних умов. Характерною особливістю визнано постійне зменшення глибини залягання ґрунтових вод у північному напрямку – в бік долини р. Прип'ять і пригирлових частин її правих приток р. Горинь та р. Стир. Тут на значних територіях дзеркало ґрунтових вод практично співпадає з денною поверхнею, а відтак це сприяє значному заболочуванню місцевості. Потужність товщі

водовміщуючих четвертинних порід різна, але в основному змінюється в межах від 2–5 до 15–20 м і лише на півночі області досягає 50–70 м і представлена переважно пісками дрібнозернистими, різнозернистими, рідше середньо-крупнозернистими [10].

Таким чином, водоносний горизонт у четвертинних відкладах відзначається невисокою водомісткістю, несформованістю витриманого верхнього водоупору та слабкою захищеністю від забруднення, що можна пояснити його неглибоким заляганням. Ґрунтові води не використовуються для централізованого водопостачання, але вважаються основним джерелом водопостачання у сільській місцевості шляхом застосування шахтних колодязів і під час воєнного стану значно зростає ризик їх забруднення. При цьому важливо встановити які саме забруднюючі речовини представляють небезпеку в цей період.

Для обґрунтування показників якості води, які необхідно контролювати у період воєнного стану, у доповнення до існуючого переліку [3], потрібно встановити які забруднюючі речовини потрапляють у навколишнє середовище через застосування боєприпасів та пошкодження об'єктів критичної інфраструктури.

Аналіз техногенних катастроф, які виникали на території України внаслідок ракетно-артилерійських обстрілів з початку російського вторгнення, показує, що переважними цілями для російської федерації є нафтобази, електропідстанції, інфраструктура зв'язку та промислові підприємства, які забезпечують економіку та обороноздатність країни. Пожежі та вибухи на таких об'єктах представляють собою значну екологічну загрозу. Наприклад, вигорання електрообладнання на підприємствах призводить до значних забруднень навколишнього середовища поліхлорованими біфенілами (ПХБ) та діоксинами [7], які активно залучаються у трофічні ланцюги живлення. При цьому період напіврозпаду діоксину у ґрунті становить 8–10 років, поліхлорованих біфенілів – 5 років, а період часткового виведення з організму людини цих речовин складає від 3-х до 8-ми років [11].

З початку російського вторгнення на територію України зафіксовано десятки уражень нафтосховищ з потужними пожежами та витоком нафти у навколишнє середовище і розповсюдженням на значних територіях. При цьому, якщо кількість нафтопродуктів не перевищує утримуючу здатність ґрунту, вони залишаються в зоні

аерації і подальша їх міграція можлива шляхом розчинення в інфільтраційній воді. Якщо кількість нафтопродуктів перевищує утримуючу здатність ґрунту, вони досягають ґрунтового водоносного горизонту, формуючи на водній поверхні лінзу. Окремі вуглеводні здатні випаровуватись, формуючи газову оболонку над лінзою і надалі з інфільтрацією потрапляти в ґрунтові води, інші розчиняться в підземних водах і переноситись водним потоком [12].

Для водоносних горизонтів у четвертинних відкладах, які використовуються як джерело водопостачання у сільській місцевості в Рівненській області, притаманні певні особливості забруднення нафтопродуктами. Вони за короткий час проходять зону аерації, досягають водоносного горизонту і формують лінзу на водній поверхні. Потужність і форма лінзи залежить від об'єму надходження нафтопродуктів і фільтраційних властивостей порід. Окремі вуглеводневі складові розчиняються в ґрунтових водах і з потоком переносяться до водозабору, швидкість міграції при цьому залежить від коефіцієнту фільтрації і пористості порід. Водоносний горизонт може експлуатуватися не тільки вертикальними, а й горизонтальними водозаборами, особливості конструкції останніх сприяють швидкому їх забрудненню [12]. В зв'язку з цим забруднення нафтопродуктами підземних водоносних горизонтів в умовах Рівненської області може представляти значну небезпеку.

В умовах воєнного стану, особливо у зоні бойових дій від розриву боєприпасів формуються специфічні забруднення. У сучасних бронебійних підкаліберних снарядах бронебійна частина (сердечник) найчастіше виготовляється зі збідненого урану. Застосування цього металу пов'язано з його здатністю до самозаймання та горіння в результаті зіткнення з бронею та її пробиття. Водночас дрібні уламки уранового сердечника снаряда розповсюджуються та сприяють випалюванню горючих матеріалів або детонації боєприпасів всередині об'єкта, який уражується. Практично до 70% усієї маси збідненого урану, що міститься в снаряді, вигоряє і перетворюється під час вибуху на аерозоль радіотоксичних оксидів урану із частками від 0,5 до 5 мкм. Значна кількість диспергаційних аерозолів тривалий час знаходиться в повітрі, поступово осідає на поверхні та згодом мігрує в ґрунти та ґрунтові води [13]. Крім того у боєприпасах застосовується значна кількість стабілізуючих та ініціюючих речовин, серед яких олово та

його сполуки, бісмут та його сполуки (оксид бісмуту, карбонат бісмуту, нітрат бісмуту та ін.), нітрат стронцію, магнієвий порошок та багато інших [14]. Маючи інформацію щодо складових частин та вмісту боєприпасів, можна передбачити склад забруднюючих речовин, які утворюються внаслідок їхнього застосування. Найбільш відчутне забруднення, зокрема важкими металами, спостерігається в місцях підриву складів зберігання боєприпасів.

Методика оцінювання екологічних ризиків при водозабезпеченні населення передбачає розрахунок індексу рівня ризику, з врахуванням показників, що характеризують стан забезпечення населення водою із централізованих та нецентралізованих джерел водопостачання. Показники, що обумовлюють формування ризиків, об'єднані у блоки, які враховують: природні умови формування якості води, технічний стан систем водопостачання (дотримання експлуатаційних вимог) та показники якості води, актуальні в умовах Рівненської області [3].

У таблиці наведена характеристика показників, що враховуються в процесі оцінки ризику при забезпеченні населення Рівненської області водою із нецентралізованих джерел. Блоки показників «природні умови формування якості води» та «технічний стан систем водопостачання» залишаються актуальними в умовах воєнного стану. У блоці, що характеризує якість води, представлені санітарно-хімічні показники, які були актуальними в умовах Рівненської області до початку воєнного стану та додаткові показники, які, на нашу думку, мають підлягати контролю в умовах воєнного стану. Останні були встановлені за результатом аналізу наукових літературних та інформаційних джерел. Так, в умовах воєнного стану при забезпеченні населення із нецентралізованих джерел водопостачання зростає вірогідність їх забруднення нафтопродуктами, важкими металами, діоксинами та іншими речовинами, які надходять у навколишнє природне середовище внаслідок використання боєприпасів, руйнування об'єктів інфраструктури та ін.

Актуальними в умовах воєнного стану залишаються рекомендації щодо зниження рівня ризиків при забезпеченні населення області водою із джерел нецентралізованого водопостачання: паспортизація та створення інформаційної бази даних екологічного стану джерел водопостачання населених пунктів; застосування пересувних локальних установок з

доочищення води; використання дезинфікуючих засобів для знезараження води джерел нецентралізованого водопостачання; контроль за дотриманням умов розташування і облаштування джерел нецентралізованого водопостачання згідно з [4].

Таблиця

Показники, що враховуються при оцінці ризику до початку
та в умовах воєнного стану

Блоки показників	Показники	
Природні умови формування якості води	Захищеність водоносного горизонту (визначається величиною коефіцієнта фільтрації водовміщуючих порід зони активного водообміну. Найбільш захищеними є води, що циркулюють у глинистих відкладах з величиною $K_{\phi} = 10^{-4} - 10^{-6}$ м/добу. В найбільш несприятливих умовах знаходяться води, що залягають у супіщаних та піщаних відкладах з величиною $K_{\phi} = 10^{-1}$ м/добу)	
Технічний стан систем водопостачання	Визначається за мікробіологічними показниками якості води (Керівництво по контролю якості питної води ВООЗ), 2004. Невідповідність проб питної води за E.coli, %	
Якість води за санітарно-хімічними показниками	Показники	
	Актуальні до початку воєнного стану	Додаткові, актуальні в умовах воєнного стану
	Магній	Нафтопродукти
	Жорсткість загальна	Алюміній
	Лужність	Мідь
	Фториди	ПХДФ (діоксини)
	Азот нітратний	ПХБ
	Залізо загальне	

Для представників громад, в умовах воєнного стану, мають бути доступними лабораторні дослідження якості води з визначенням концентрацій забруднюючих речовин, які є актуальними для кожного конкретного випадку забруднення. Управління ризиками

включає прогнозування стану підземних вод як джерела водопостачання з урахуванням об'єктивної інформації та надання місцевим регулюючим і контролюючим органам оперативної інформації про зміни стану підземних вод для вжиття необхідних заходів та запобігання можливим негативним наслідкам.

Висновки. Незахищеність водоносних горизонтів, які використовуються як джерела нецентралізованого водопостачання в Рівненській області обумовлює високий рівень ризику забруднення води в умовах воєнного стану. В зв'язку з цим, для управління ризиками при водозабезпеченні сільського населення Рівненської області особливого значення набуває реалізація моніторингу джерел нецентралізованого водопостачання і в першу чергу своєчасне виявлення значних забруднень ґрунтового покриву та підземних вод, пов'язаних з воєнними діями. Важливою складовою моніторингу є створення інформаційної бази, яка б включала результати паспортизації джерел нецентралізованого водопостачання, бази даних та оновлену інформацію щодо джерел забруднення природних вод в адміністративних районах Рівненської області.

1. Бережнов С. П. Питна вода як фактор Національної безпеки. *СЕС профілактична медицина* : науково-виробниче видання. Київ, 2006. № 4. С. 8–13. **2.** Водна стратегія України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/1134-2022-%D1%80> (дата звернення: 22.08.2023). **3.** Ліхо О. А., Гакало О. І. Управління ризиками при забезпеченні населення Рівненської області водою : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 195 с. **4.** ДСПІН 2.2.4-171-10 № 452/17747. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2010. 48 с. **5.** Про затвердження «Державних санітарних норм і правил «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру» : наказ МОЗ від 22.04.2022 р. № 683. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE37900?an=1> (дата звернення: 22.08.2023). **6.** Офіційний сайт Оперативного штабу при Державній екологічній інспекції України. URL: <https://shtab.gov.ua/#information> (дата звернення: 22.08.2023). **7.** Україна, шкода довкіллю, екологічні наслідки війни : електронне науково-популярне видання / Олексій Ангурець, Павло Хазан, Катерина Колесникова, Максим Куц, Марцела Чернохова, Мирослав Гавранек. 2023. 84 с. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low->

ges.pdf (дата звернення: 22.08.2023). **8.** Генік В. М., Кирильчук Ю. Ф. Екологічна безпека повсякденної діяльності військ. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25.9. С. 139–144. **9.** Тарасова Т. Звіт з геолого-екологічних досліджень. Вивчення режиму підземних вод на території Волинської та Рівненської областей за 2001–2005 рр. Рівне, 2006. 170 с. **10.** Хилюк А. С. Звіт про державний облік використання підземних вод. Ведення ДВК. Державного обліку використання підземних вод. Моніторингу ресурсів та запасів підземних вод на території Волинської та Рівненської областей за 2001–2003 рр. Рівне, 2005. 162 с. **11.** Козій О. І., Петрук М. П., Витрикуш Н. М., Вахула О. М. Діоксинова проблема сміттєспалювання. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2017. № 868. С. 291–296. **12.** Біологічні методи охорони навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами : монографія / В. П. Шаповров, О. В. Шестопалов, О. О. Мамедова, Г. Ю. Бахарєва та ін. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 216 с. **13.** Станкевич С. В. Техноекотолія : навч. посіб. Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2020. 338 с. **14.** Лобойченко В. М., Пліско А. В. Оцінка екологічних наслідків від вибухів патронів та гранат на складах боеприпасів. *Збірник наукових робіт курсантів*. 2017. Вип. 15. С. 112–120.

REFERENCES:

1. Berezhnov S. P. Pytna voda yak faktor Natsionalnoi bezpeky. *SES profilaktychna medytsyna : naukovo-vyrobnyche vydannia*. Kyiv, 2006. № 4. S. 8–13. **2.** Vodna stratehiia Ukrainy na period do 2050 roku : Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 9 hrudnia 2022 r. № 1134-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/1134-2022-%D1%80> (data zvernennia: 22.08.2023). **3.** Likho O. A., Hakalo O. I. Upravlinnia ryzykamy pry zabezpechenni naselennia Rivnenskoï oblasti vodoiu : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2013. 195 s. **4.** DSPiN 2.2.4-171-10 № 452/17747. Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoï dlia spozhyvannia liudynoiu. Kyiv : Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy, 2010. 48 s. **5.** Pro zatverdzhennia «Derzhavnykh sanitarnykh norm i pravyl «Pokaznyky bezpechnosti ta okremi pokaznyky yakosti pytnoi vody v umovakh voïennoho stanu ta nadzvychainykh sytuatsiiakh inshoho kharakteru» : nakaz MOZ vid 22.04.2022 r. № 683. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE37900?an=1> (data zvernennia: 22.08.2023). **6.** Ofitsiyni sait Operatyvnoho shtabu pry Derzhavnii ekolohichnii inspektsii Ukrainy. URL: <https://shtab.gov.ua/#information> (data zvernennia: 22.08.2023). **7.** Ukraina, shkoda dovkilliu, ekolohichni naslidky viiny : elektronne naukovo-populiarne vydannia / Oleksii Anhurets, Pavlo Khazan, Kateryna Kolesnykova, Maksym Kushch, Martsela Chernokhova, Myroslav Havranek. 2023. 84 s. URL: <https://cleanair.org.ua/wp->

content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf (data zvernennia: 22.08.2023). **8.** Henyk V. M., Kyrylchuk Yu. F. Ekolohichna bezpeka povsiakdennoi diialnosti viisk. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2015. Vyp. 25.9. S. 139–144. **9.** Tarasova T. Zvit z heoloho-ekolohichnykh doslidzhen. Vychennia rezhymu pidzemnykh vod na terytorii Volynskoi ta Rivnenskoï oblasti za 2001–2005 rr. Rivne, 2006. 170 s. **10.** Khyliuk A. S. Zvit pro derzhavnyi oblik vykorystannia pidzemnykh vod. Vedennia DVK. Derzhavnoho obliku vykorystannia pidzemnykh vod. Monitorynhu resursiv ta zapasiv pidzemnykh vod na terytorii Volynskoi ta Rivnenskoï oblasti za 2001–2003 rr. Rivne, 2005. 162 s. **11.** Kozii O. I., Petruk M. P., Vytrykush N. M., Vakhula O. M. Dioksynova problema smittiespalivuvannia. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*. 2017. № 868. S. 291–296. **12.** Biolohichni metody okhorony navkolysnogo seredovyscha vid zabrudnennia naftoproduktamy : monohrafiia / V. P. Shaporev, O. V. Shestopalov, O. O. Mamedova, H. Yu. Bakharieva ta in. Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. 216 s. **13.** Stankevych S. V. Tekhnoekolohiia : navch. posib. Kharkiv : Vydavnytstvo Ivanchenka I. S., 2020. 338 s. **14.** Loboichenko V. M., Plisko A. V. Otsinka ekolohichnykh naslidkiv vid vybukhiv patroniv ta hranat na skladakh boieprypasiv. *Zbirnyk naukovykh robit kursantiv*. 2017. Vyp. 15. S. 112–120.

Likho O. A., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Professor, Hakalo O. I., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Senior Lecturer (National University of Water of Economy and Nature Management, Rivne), **Skyba V. P., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Senior Lecturer** (Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia)

FEATURES OF THE FORMATION OF RISKS IN THE WATER SUPPLY OF THE POPULATION OF THE RIVNE REGION UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF MARTIAL

The issue of providing the population of Ukraine with high-quality potable water has always been one of the most socially significant, as it directly affects the health of the population and determines the degree of environmental safety of entire regions. This problem arose most acutely during the martial law in which our country is.

The purpose of this research is to study the peculiarities of the formation of risks in the water supply of the population of Rivne region from non-centralized sources and to substantiate the indicators of water quality, which should be the subject to control in the conditions of martial law. The insecurity of aquifers, which are used as a sources of non-centralized water supply in the Rivne region, causes a high level of risk of water pollution in the conditions of military operations. Due to the shelling of critical infrastructure facilities and the massive use of ammunition, a large number of chemical components penetrates to surface and underground waters, causing their critical pollution.

It has been established that in the conditions of martial law, when the population is provided with water from non-centralized sources, the probability of their contamination with oil products, heavy metals, dioxins and other substances that penetrates to natural environment due to the use of ammunition and the destruction of infrastructure facilities increases.

For the management of risks in the water supply of the rural population of the Rivne region, the implementation of monitoring of sources of non-centralized water supply and, first of all, the timely detection of significant pollution of the soil cover and groundwater associated with military operations acquires special importance. An important component of monitoring is the creation of an information base that would include the results of certification of non-centralized water supply sources, databases and updated information on sources of natural water pollution in the administrative districts of the Rivne region.

***Keywords:* risk level; martial law; decentralized sources of water supply; water quality indicators; sources of pollution.**

Мошинський В. С., д.с.-г.н. професор, Клименко М. О., д.с.-г.н. професор, Клименко Л. В., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.s.moshynskyi@nuwm.edu.ua, m.o.klimenko@nuwm.edu.ua, l.v.klimenko@nuwm.edu.ua)

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІЧНОЇ СФЕРИ МІСТА РІВНОГО

У статті здійснений аналіз показників економічної сфери, наведених у Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року, яка розроблялась за матеріалами SWOT-аналізу і має ряд недоліків щодо узгодження стратегічної та операційних цілей з Національними екологічними цілями.

Запропонована нова редакція стратегічної цілі розвитку економічної сфери «Покращення економічної сфери життєдіяльності міста шляхом стимулювання розвитку підприємництва, фінансово-інвестиційної, інноваційної, транспортної та зовнішньої економічної активності», яка включає три операційні цілі: «Стимулювання оновлення фондів промислової, транскордонної інфраструктури, об'єктів ЖКГ та розвитку малого і середнього бізнесу»; «Забезпечення сталого низьковуглецевого розвитку всіх галузей економіки та надання пріоритетності розвитку легкої та харчової промисловості»; «Залучення іноземних і вітчизняних інвесторів для підвищення конкуренто-спроможності компаній та розвитку логістичного і торговельного потенціалу у масштабах Східної Європи».

Запропоновано низку завдань, які призначені для виведення критичних показників цієї сфери на конкурентний рівень, досягнутий у містах Івано-Франківськ, Луцьк.

Ключові слова: сталий розвиток; показники; стратегія; стратегічна ціль; операційні цілі; завдання; покращення.

Постановка проблеми. Проблема вдосконалення організації, розроблення стратегій сталого розвитку регіонів, міст на підставі і за результатами SWOT-аналізу набуває в наш час особливого значення. Визнається, що сталий розвиток міст передбачає реалізацію

цільових орієнтирів, а саме: підвищення рівня розвитку соціо-економіко-екологічної системи; дотримання принципів екологічної безпеки та відповідності стратегічного бачення Національним екологічним цілям (НЕЦ).

Однак, намагаючись досягти економічного зростання, необхідно також стратегічні й операційні цілі економічної сфери узгодити за суттю та змістом з НЕЦ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблем впровадження засад сталого розвитку на локальних і регіональних рівнях присвячені чисельні наукові праці таких зарубіжних і вітчизняних учених, як Ф. Беркеса [1], В. Вернадського [2], Б. Данилишина [3], В. Кравціва [4], З. Герасимчук [5], Б. Буркинського [6], М. Хвесика [7], М. Клименка [8], О. Ница [9] та інших.

Вагомий внесок у вивчення проблем розвитку міст здійснили З. Сіройч [10], В. Родченко [11]. Незважаючи на значний обсяг наявної інформації з досліджуваної проблеми, залишаються недостатньо вивченими питання обґрунтування стратегічних і операційних цілей сталого розвитку міст на підставі аналізу кількісних і якісних показників їх соціо-економіко-екологічної (СЕЕ) систем і відповідності цих цілей національними екологічними цілям.

Важливість зазначеної проблеми і зумовила потребу вибору теми досліджень.

Мета, завдання досліджень. Мета роботи передбачала обґрунтування підходів до визначення стратегічних і операційних цілей сталого розвитку міста в економічній сфері з використанням кількісних і якісних показників СЕЕ системи та відповідності їх національним екологічним цілям.

Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань: провести аналіз та оцінку визначених стратегічних і операційних цілей стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року; обґрунтувати нову редакцію стратегічних і операційних цілей розвитку економічної сфери міста за кількісними та якісними показниками з дотриманням Національних екологічних цілей.

Об'єкт дослідження. Процеси, що протікають в економічній сфері міста.

Предмет дослідження. Показники, які характеризують стан економічної сфери.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи аналізу, порівнянь, системного аналізу, SWOT-аналізу.

Результати досліджень. За даними SWOT-аналізу стану м. Рівного в економічній сфері були виявлені наступні слабкі сторони: наявність у місті дефіциту вільних територій; брак робочих місць; наявність значної частини «тіньової» економіки; функціонування застарілої інженерної інфраструктури.

Виявлені також загрози, а саме: має місце погіршення економічної ситуації; структурні диспропорції на ринку праці, пов'язані з невідповідністю попиту пропозицій робочої сили за професійно-кваліфікаційними критеріями; високі кредитні ставки, які обмежують розвиток малого та середнього бізнесу; відтік кадрів за межі міста. Встановлені слабкі сторони і загрози в економічній сфері створюють значні ризики для економічного розвитку міста, а саме: відсутність можливості для просторового розвитку та нарощування економічного потенціалу шляхом створення великих промислових чи логістичних зон; застарілість технологій; відсутність конкурентних переваг в розвитку економіки з сусідніми обласними центрами; невідповідність системи освіти останнім технічним і технологічним вимогам і, як наслідок, брак кваліфікованих кадрів; нестача сучасних робочих місць із високим рівнем оплати праці; наявність бар'єрів для ведення бізнесу та недостатність стимулів для його розвитку.

Для усунення слабких сторін, загроз і ризиків було розроблено Стратегію розвитку Рівного на період до 2040 року, згідно якої стратегічне бачення міста – це одне з найбільших у Східній Європі логістично-торгівельних центрів з розвинутою інфраструктурою, сучасним та конкурентним економічним потенціалом.

Для досягнення стратегічного бачення на 2040 рік м. Рівне повинне стати одним із найбільших у Східній Європі логістично-торгівельних центрів із розвинутою інфраструктурою, сучасним і конкурентним екологічним потенціалом [12].

Для реалізації цього бачення у Стратегії розвитку міста сформульовано три стратегічні цілі.

Друга стратегічна ціль (для економічної сфери).

2. Місто як діловий і бізнесовий центр – передбачає реалізацію операційних цілей, які зорієнтовані на покращення стану економічної сфери, а саме: 2.1. Розвиток логістичного та

торгівельного потенціалу у масштабах Східної Європи; 2.2. Розвиток і стимулювання малого та середнього бізнесу; 2.3. Розвиток легкої та харчової промисловостей.

Для досягнення цих операційних цілей планується виконання завдань: 2.1.1. Підготовка майданчиків на землях різних форм власності для відкриття центрів і філій міжнародних логістичних компаній; 2.1.2. Розробка програм для стимулювання розвитку місцевого бізнесу у сфері логістики та міжнародних транспортних комунікацій; 2.1.3. Полегшення доступу до інформації про об'єкти для інвестування та активізації економічної діяльності; 2.1.4. Розвиток публічних просторів для громадської та ділової активності; 2.2.1. Створення та активізація проектів і структур для бізнесової та професійної освіти; 2.2.2. Створення ділових і бізнесових центрів та комплексів, хабів, просторів для створення умов підприємцям-початківцям; 2.2.3. Забезпечення ефективної профорієнтації учнів і розвиток лідерських та підприємницьких навичок молоді; 2.2.4. Підвищення економічної та екологічної культури мешканців; 2.3.1. Створення та активізація галузевих асоціацій та структур, що можуть стимулювати промисловий сектор міста та регіону; 2.3.2. Розробка цільових програм щодо залучення коштів місцевого бюджету, інших джерел фінансування для розвитку відповідного сектора економіки [12].

Аналіз стратегічної та операційних цілей в економічній сфері міста, сформульованих у Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року засвідчує, що вони лише частково відповідають або принципово не суперечать Національним екологічним цілям, які передбачені в Законі України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» № 2697-VIII від 28.02.2019 р.

Відтак виникає потреба узгодження стратегічної та операційних цілей економічної сфери з Національними екологічними цілями, результати яких представлені у таблиці 1.

Для експертної оцінки відповідності стратегічної та операційних цілей економічної сфери НЕЦ використовували п'ятибальну шкалу, а саме: (++) – цілі стратегії добре узгоджені з НЕЦ; (+) – цілі стратегії та НЕЦ принципово узгоджуються; (0) – цілі стратегії та НЕЦ нейтральні по відношенню одні до одних; (-) – цілі стратегії та НЕЦ не узгоджуються;

(- -) – цілі стратегії та НЕЦ принципово суперечать одні іншим.

Як видно з табл. 1, в якій наведені результати встановлення відповідності сформульованих нами стратегічної й операційних цілей до Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року НЕЦ, вони відповідають оцінці «добре узгоджені».

Таблиця 1

Аналіз відповідності цілей Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року Національним екологічним цілям

Національні екологічні цілі	Стратегічна ціль в економічній сфері	Операційні цілі в економічній сфері
2. Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу України	2. Покращення економічної сфери життєдіяльності міста шляхом стимулювання розвитку підприємництва, фінансово-інвестиційної, інноваційної та транскордонної і зовнішньої економічної активності. ++	2.1. Стимулювання оновлення фондів промислової, транскордонної інфраструктури, об'єктів ЖКГ та розвитку малого і середнього бізнесу ++
3. Забезпечення інтеграції екологічної політики у процес прийняття рішень щодо соціально-економічного розвитку України		2.2. Забезпечення сталого низьковуглецевого розвитку всіх галузей економіки та надання пріоритетності розвитку легкої та харчової промисловості. ++
		2.3. Залучення іноземних інвесторів і вітчизняних інвесторів для підвищення конкурентоспроможності компаній та розвитку логістичного і торговельного потенціалу у масштабах Східної Європи. ++

Примітка: стратегічна і операційні цілі економічної сфери міста мають нейтральне відношення до Національних екологічних цілей за номерами 1, 4, 5.

Для досягнення стратегічної та операційних цілей в економічній сфері Стратегії розвитку Рівного на період 2040 року нами рекомендується планувати і використовувати ряд завдань і проектів (табл. 2), в якій сформульовані завдання для досягнення стратегічної та операційних цілей Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року, вони також добре узгоджуються з НЕЦ.

Таблиця 2

Перелік завдань призначених для досягнення операційних цілей в економічній сфері

Операційні цілі	Оцінка	Завдання
2.1. Стимулювання оновлення фондів промислової, транспортної інфраструктури, об'єктів ЖКГ та розвиток малого і середнього бізнесу	++	2.1.1. Оновлення фондів, технологічної бази та прискорення темпів зміни застарілих технологій і обладнання промисловості, транспортної інфраструктури, об'єктів ЖКГ 2.1.2. Покращення умов розвитку місцевих малих і середніх підприємств 2.1.3. Створення комфортних умов пересування мешканців міста з використанням сталих видів мобільності
2.2. Забезпечення сталого низьковуглецевого розвитку всіх галузей економіки та надання пріоритетності для розвитку легкої та харчової промисловості	++	2.2.1. Створення умов для розвитку інфраструктури екологічно чистих видів транспорту, зокрема громадського, і зменшення забруднення атмосферного повітря від стаціонарних і пересувних джерел 2.2.2. Забезпечення сталого низьковуглецевого розвитку всіх галузей економіки міста 2.2.3. Розвиток легкої та харчової промисловості міста 2.2.4. Сприяння створенню у місті кластерів, технологічних парків для стимулювання виробництва інноваційних продуктів легкої та харчової промисловості
2.3. залучення іноземних і вітчизняних інвесторів для підвищення конкурентоспроможності компаній і розвитку логістичного й торговельного потенціалу у масштабах Східної Європи	++	2.3.1. Підготовка майданчиків для відкриття центрів і філій міжнародних логістичних компаній 2.3.2. Полегшення доступу до інформації про об'єкти для інвестування та активізації екологічної діяльності 2.3.3. Розвиток торговельного потенціалу міста 2.3.4. Підготовка достатньої кількості кваліфікованих, якісних кадрів і створення ефективного кадрового ресурсу

Одночасно слід зазначити, що в економічній сфері м. Рівне має незначну кількість показників конкурентних переваг і, судячи зі статистичних даних середніх міст на 2017 рік (Івано-Франківськ,

Луцьк), воно характеризується: низькими показниками наявності кількості малих підприємств (109 од. на 10 тис. осіб), тоді як у містах порівняння – від 116 до 121 од. на 10 тис. осіб; низьким обсягом реалізованої інноваційної продукції (0,47 тис. грн на особу), а у містах порівняння – 1,3–1,64 тис. грн на особу; низькими показниками експорту товарів (360 дол. США на особу), а у містах порівняння – від 737 до 799 дол. США на особу; низькими показниками експорту послуг (36 дол. США на особу), а у містах порівняння – від 37 до 146 дол. США на особу; низькими показниками перевезення вантажів автотранспортом (8,1 т на особу), тоді як у містах порівняння – від 14,5 до 18,7 т на особу.

У 2020 році показники економічної сфери Рівного не зазнали значних змін у кращу сторону в порівнянні з іншими середніми містами і склали величини: кількості малих підприємств – 125 од. на 10 тис. осіб; обсягу реалізованої інноваційної продукції – 0,3 тис. грн на особу; експорту товарів – 474 дол. США на особу; експорту послуг – 36 дол. США на особу; перевезення вантажів – 11,8 т на особу.

Відтак виникає потреба коригування операційних цілей і завдань Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року з метою виведення цих критичних показників економічної сфери на конкурентний рівень.

Операційна ціль 2.1. Стимулювання оновлення фондів промисловості, транспортної інфраструктури, об'єктів ЖКГ та розвиток малого і середнього бізнесу.

Завдання. Оновлення фондів, технологічної бази та прискорення темпів зміни застарілих технологій та обладнання промисловості, транспортної інфраструктури, об'єктів ЖКГ.

Що ж для цього необхідно зробити. Місто має розширити залучення приватних, вітчизняних та іноземних інвесторів, які будуть активно та результативно інвестувати в: модернізацію та оновлення підприємств, транспортну інфраструктуру, об'єкти ЖКГ; внесуть власні ноу-хау та нові технології.

Індикатори успіху: 1) зростання кількості приватних, вітчизняних, іноземних інвесторів; 2) збільшення обсягів інвестицій в оновлення підприємств, модернізацію промислової інфраструктури та об'єктів ЖКГ.

Завдання. Покращення умов розвитку місцевих малих і середніх підприємств.

Що ж для цього необхідно зробити. Згідно пріоритетів

економічного розвитку міста слід передбачити виділення територій, будівель, промислових площ для розміщення бізнесу, інфраструктур економічного розвитку. Завдяки цьому місто сприятиме розвитку бізнесу та посилюватиме свою конкурентоспроможність у якості привабливого місця для ведення бізнесу. Це, у свою чергу, сприятиме впровадженню інновацій і створенню нових робочих місць.

Місту слід планувати ревіталізацію занедбаних промислових зон (браунфілдів та грінфілдів) для їх використання як місць розвитку нових бізнесів.

Індикатори успіху: 1) площа браунфілдів і грінфілдів, запланованих для інвестування; 2) загальна площа, запланована під створення бізнес-локацій; 3) кількість нових бізнесів, створених у зонах браунфілдів і грінфілдів у бізнес-локаціях.

Завдання. Створення комфортних умов пересування мешканців міста з використанням сталих видів мобільності.

Що ж для цього необхідно зробити. Створити відповідний структурний підрозділ, який забезпечить підвищення безпеки руху на вулицях міста шляхом застосування сучасних підходів «Vision Zero».

Індикатори успіху: 1) створення структурного підрозділу; 2) запровадження нової транспортної мережі; 3) зменшення кількості маломістких транспортних засобів на 100%; 4) збільшення чисельності транспортних засобів великої місткості; 5) облаштування велосипедних доріжок і створення пішохідних зон.

Операційна ціль 2.2. Забезпечення сталого низьковуглецевого розвитку всіх галузей економіки та надання пріоритетності розвитку легкої та харчової промисловості.

Завдання. Створення умов для розвитку інфраструктури екологічно чистих видів транспорту, зокрема громадського, і зменшення забруднення повітря від стаціонарних і пересувних джерел.

Що ж для цього необхідно зробити. Враховуючи те, що маршрутна мережа міста розвивалась хаотичним шляхом та з дотриманням низьких екологічних стандартів, виникає потреба змін організації перевезень із метою мінімізації собівартість перевезень, зменшення забруднення атмосферного повітря міста та підвищення задоволення населення громадським транспортом.

Пропонується розробити нову транспортну мережу міста з використанням електротранспортних засобів: тролейбусів, електроавтобусів, трамваїв, електроавтомобілів (таксі).

Індикатори успіху: 1) розробити нову транспортну мережу міста; 2) збільшити перевезення пасажирів електротранспортними засобами до 75%; 3) зменшити забруднення повітря міста від пересувних джерел на 50%.

Завдання. Забезпечити сталий низьковуглецевий розвиток всіх галузей економіки міста.

Що ж для цього необхідно зробити. Необхідно розпочати широкомасштабну модернізацію галузей економіки міста з метою скорочення споживання природних ресурсів і, насамперед, вуглецевих енергоносіїв і викидів в атмосферне повітря парникових газів. Важливу роль відіграє енергозбереження у ЖКГ, використання «зеленого водню».

Індикатори успіху: 1) розробка програми модернізації галузей економіки міста з метою скорочення на 20% викидів парникових газів; 2) скорочення у ЖКГ використання вуглецевих енергоносіїв на 25%.

Завдання. Розвиток легкої та харчової промисловості міста.

Що ж для цього необхідно зробити. Створення та активізація галузевих асоціацій і структур, що можуть сприяти розвитку легкої та харчової промисловості у місті, є для місцевої громади ключовим інструментом для: збільшення кількості підприємств, зростання прибутків від експорту продукції з доданою вартістю, збільшення робочих місць.

Індикатори успіху: 1) кількість нових робочих місць; 2) кількість створених нових підприємств легкої і харчової промисловості.

Завдання. Сприяти створенню у місті кластерів, технологічних парків для стимулювання виробництва інноваційних продуктів легкої і харчової промисловості.

Що ж для цього необхідно зробити. Спираючись на промислові традиції міста, співпрацю з закладами освіти та науковими інститутами, надати дієву допомогу зі сторони влади у створенні кластерів, технологічних парків, що сприятиме розвитку економіки міста та підвищуватиме конкурентоспроможність підприємств легкої і харчової промисловості.

Індикатори успіху: кількість створених кластерів і технопарків.

Операційна ціль 2.3. Залучення іноземних і вітчизняних

інвесторів для підвищення конкурентоспроможності компаній і розвитку логістичного та торговельного потенціалу у межах Східної Європи.

Завдання. Підготовка майданчиків для відкриття центрів і філій міжнародних логістичних компаній.

Що ж для цього необхідно зробити. У Стратегії розвитку Рівного передбачається виділення належних територій (на землях різних форм власності) для розміщення бізнесу. Доцільним на даний час є проведення підготовки майданчиків для відкриття центрів і філій міжнародних логістичних компаній.

Індикатори успіху: програма для стимулювання розвитку місцевого бізнесу у сфері логістики та міжнародних транспортних комунікацій.

Завдання. Полегшення доступу до інформації про об'єкти для інвестування й активізації економічної діяльності.

Що ж для цього необхідно зробити. Скласти список (та оприлюднити його) про об'єкти, придатні для інвестування та активізації економічної діяльності в місті. В межах своєї компетенції (влада) зобов'язується забезпечувати зниження місцевих тарифів та інших зборів на початковій стадії розвитку бізнесу. Важливо також запроваджувати нові форми спілкування з підприємцями на рахунок актуальних проблем розвитку логістичного бізнесу.

Індикатори успіху: кількість подій, пов'язаних з організацією діалогу бізнесу та влади.

Завдання. Розвиток торговельного потенціалу міста.

Що ж для цього необхідно зробити. Створювати стимули для існуючих підприємств торгівлі, забезпечуючи прозорість і спрощення процедур реєстрації бізнесу та отримання дозволів, у тому числі розширити надання послуг бізнесу через електронні комунікації.

Працювати над розробкою та впровадженням механізмів стимулювання попиту на продукцію рівненських товаровиробників на місцевому ринку, а також над промоцією місцевих підприємств та їх продукції (товари) високої якості на міжрегіональних і міжнародних ярмарках і виставках.

Індикатори успіху: кількість промоційних заходів, у яких місто бере участь спільно з місцевим бізнесом.

Завдання. Підготовка достатньої кількості кваліфікованих, якісних кадрів і створення ефективного кадрового ресурсу.

Що ж для цього необхідно зробити. Розвивати зв'язки із закладами освіти, які надають професійну та вищу освіту, з одного боку, та бізнесом – з іншого, що б розвивати та реалізовувати освітні програми, які відповідатимуть потребам економіки міста.

Індикатори успіху: 1) розробка спеціальних освітніх програм за участю міської влади і роботодавців; 2) сприяння пошуку першого місця роботи для випускників закладів вищої освіти; 3) розробка заходів, спрямованих на залучення в місто та утримання перспективних молодих кадрів.

Висновки

Розробка Стратегії розвитку Рівного до 2040 року на матеріалах SWOT-аналізу призводить до декларативності визначених стратегічної та операційних цілей в економічній сфері, які не в повній мірі відповідають НЕЦ та потребують формулювання у наступній редакції «Покращення економічної сфери життєдіяльності міста шляхом стимулювання розвитку підприємництва, фінансово-інвестиційної, інноваційної та транспортної і зовнішньої економічної активності».

Стратегічна ціль в економічній сфері міста включає три операційні цілі та перелік завдань, які узгоджуються з НЕЦ, і призначені для виведення критичних показників цієї сфери, а саме: кількості малих підприємств, обсягів реалізованої інноваційної продукції, обсягів експорту товарів і послуг, перевезення вантажів автотранспортом на конкурентний рівень, досягнутий у містах Івано-Франківськ і Луцьк.

1. Berkes F., Golding J., Folke C. Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge : Cambridge University Press, 2003. 393 p. 2. Вернадський В. І. Наукова думка як планетарне явище. Москва : Наука, 1991, 270 с. 3. Данилишин Б. М., Шостак Л. Б. Устойчивое развитие в системе природно-ресурсных ограничений. Київ : СОПС України НАНУ, 1999. 367 с. 4. Кравців В. С. Регіональна екологічна політика в Україні (теорія формування, методи реалізації). Львів : ІРД НАН України, 2007. 336 с. 5. Герасимчук З. В. Регіональна політика сталого розвитку: теорія, методологія, практика : монографія. Луцьк : Надстир'я, 2008. 528 с. 6. Буркинський Б. В., Степанов В. М., Харічков С. К. Еколого-економічні орієнтири стратегії сталого розвитку України. *Проблеми сталого розвитку України* : зб. наук. доп., м. Київ, 2001. С. 165–178. 7. Хвесик М., Бистряков І. Парадигмальний погляд на концепт сталого розвитку України. *Економіка України*. 2012. № 6. С. 4–12. 8. Розвитологія : підручник / М. О. Клименко,

3. В. Герасимчук, О. М. Клименко, Л. В. Клименко. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 280 с. **9.** Нища О. С. До питання суспільно-географічного дослідження міст (на прикладі м. Харкова). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Геологія. Географія. Екологія.* Харків, 2012. Вип. 37. № 1033. С. 211–215. **10.** Сіройч З. С. Демографічні та соціально-економічні проблеми розвитку міських агломерацій : автореф. дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.07. Київ, 2009. 33 с. **11.** Родченко В. Б. Міські комплекси України: чинники та умови організації регулювання соціально-економічного розвитку : монографія. Донецьк : Ін-т економіки пром-ті НАН України, 2012. 404 с. **12.** Стратегія розвитку Рівного на період до 2040 року : Рівненська міська рада, рішення № 8134, 2020.

REFERENCES:

1. Berkes F., Golding J., Folke C. Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge : Cambridge University Press, 2003. 393 p. **2.** Vernadskyi V. I. Naukova dumka yak planetarne yavyshe. Moskva : Nauka, 1991, 270 s. **3.** Danylyshyn B. M., Shostak L. B. Ustoichyvoe razvytye v systeme pryrodno-resursnykh ohranycheniy. Kyiv : SOPS Ukrainy NANU, 1999. 367 s. **4.** Kravtsiv V. S. Rehionalna ekolohichna polityka v Ukraini (teoriia formuvannia, metody realizatsii). Lviv : IRD NAN Ukrainy, 2007. 336 s. **5.** Herasymchuk Z. V. Rehionalna polityka staloho rozvytku: teoriia, metodolohiia, praktyka : monohrafiia. Lutsk : Nadstyria, 2008. 528 s. **6.** Burkynskyi B. V., Stepanov V. M., Kharichkov S. K. Ekoloho-ekonomichni oriientyry stratehii staloho rozvytku Ukrainy. *Problemy staloho rozvytku Ukrainy* : zb. nauk. dop., m. Kyiv, 2001. S. 165–178. **7.** Khvesyk M., Bystriakov I. Paradyhmalnyi pohliad na kontsept staloho rozvytku Ukrainy. *Ekonomika Ukrainy.* 2012. № 6. S. 4–12. **8.** Rozvytolohiia : pidruchnyk / M. O. Klymenko, Z. V. Herasymchuk, O. M. Klymenko, L. V. Klymenko. Kherson : OLDI-PLIUS, 2015. 280 s. **9.** Nyshcha O. S. Do pytannia suspilno-geohrafichnoho doslidzhennia mist (na prykladi m. Kharkova). *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia.* Kharkiv, 2012. Vyp. 37. № 1033. S. 211–215. **10.** Siroich Z. S. Demohrafichni ta sotsialno-ekonomichni problemy rozvytku miskykh ahlomeratsii : avtoref. dys. ... d-ra ekon. nauk : 08.00.07. Kyiv, 2009. 33 s. **11.** Rodchenko V. B. Miski komplekxy Ukrainy: chynnyky ta umovy orhanizatsii rehuliuвання sotsialno-ekonomichnoho rozvytku : monohrafiia. Donetsk : Ін-т економіки пром-ті НАН України, 2012. 404 с. **12.** Стратегія розвитку Рівного на період до 2040 року : Рівненська міська рада, рішення № 8134, 2020.

**Moshynskiy V. S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Klymenko M. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Klymenko L. V., Candidate of Agricultural Sciences, (Ph.D.), Associate
Professor** (National University of Water and Environmental Engineering,
Rivne)

JUSTIFICATION OF APPROACHES TO THE DEFINITION OF THE GOALS OF SUSTAINABILITY OF RIVNE ECONOMIC SPHERE

In the article the analysis of the indicators of the economic sphere given in the Strategy of Rivne development for the period until 2040 was performed. It was carried out according to the materials of SWOT-analysis and has a number of disadvantages concerning the agreement of strategic and operational goals with national ecological goals.

The evaluation of the strategic operative goals compliance in the new edition with the national ecological goals was carried out to the following scale: (++) – the strategy goals are well coordinated; (+) – the strategy goals are basically coordinated; (0) - the strategy goals are neutral; (-) – the strategy goals are neutral in relation to each other; (- -) – the strategy goals are basically conflict with each other.

New edition of the strategic goals of the economic sphere development was proposed as the following “The improvement of the economic sphere of the city life activity by means of stimulation the development of entrepreneurship, financial and investment, innovative and transport external economic activity” and includes three operational goals:

– stimulation of updating industrial, transport infrastructure funds, objects of utilities and the development of small and medium business;

– ensuring sustainable low carbon development of all industries of economics, giving priority to the development of light and food industries;

– attracting of foreign and domestic investors to increase competitiveness of companies, as well as the development of logistic and trade potential on the scale of Eastern Europe.

A number of tasks are recommended which are defined to output critical indicators of economic sphere to the competitive level achieved by the cities Ivano-Frankivsk and Lutsk.

***Keywords:* sustainability; indicators; strategy; operational goals; tasks; improvement.**

Пічура В. І., д.с.-г.н., професор, Потравка Л. О., д.е.н., професор (Херсонський державний аграрно-економічний університет, pichuravitalii@gmail.com), **Домарацький Є. О., д.с.-г.н., доцент** (Миколаївський національний аграрний університет), **Вознюк Н. М., к.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, n.m.voznyuk@nuwm.edu.ua)

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКА У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ШКАЛИ ВВСН В ЗОНІ СТЕПУ УКРАЇНИ

Застосування сівозмін є ефективною стратегією для підвищення стійкості ґрунтових систем до абіотичних і біотичних стресів, а також підвищення стійкості землекористування в зоні дефіциту вологи. На ряду із необхідністю удосконалення агротехнологічних заходів, важливим є обґрунтування вибору попередника для збільшення поживних елементів у ґрунті, забезпечення добрих мікрокліматичних умов вегетаційного розвитку рослин, акумуляції і збереження вологи у ґрунті та клітинах листя, високої фотосинтетичної здатності рослин та продуктивності агроценозів. Тому метою досліджень було встановлення просторово-часових закономірностей впливу попередників на вегетацію та продуктивність озимої пшениці відповідно до уніфікованої шкали ВВСН в ґрунтово-кліматичних умовах зони Степу. На основі даних дешифрування серії супутникових знімків космічного апарату Sentinel 2, розрахунку значень NDVI та польових спостережень, досліджено просторово-часові процеси вегетації та продуктивності пшениці озимої залежно від попередника у відповідності до уніфікованої шкали ВВСН. Встановлено, що посіви озимої пшениці на ділянці за попередником горох вегетація відбувалася у 1,6 рази активніше ніж на ділянці за попередником ячмінь ярий та у 1,7 рази активніше ніж на ділянці за попередником соняшник. Це обумовило підвищення урожайності озимої пшениці у 1,43 та 1,56 рази відповідно. Урожайність озимої пшениці на ділянці за попередником горох становила 4,65 т/га, на ділянці за

попередником зернова культура (ячмінь ярий) 3,24 т/га, на ділянці за попередником соняшник 2,98 т/га. Отримані результати досліджень є важливими для удосконалення методики дослідження вегетації сільськогосподарських культур, обґрунтування сівозміни та культури-попередника, визначення ефективності агротехнологічних заходів та прогнозування урожайності озимої пшениці в умовах дефіциту вологи.

Ключові слова: озима пшениця; попередник; продуктивність; клімат; NDVI.

Постановка проблеми. Сівозміни є важливим фактором впливу на фізико-хімічний стан ґрунтів, інтенсивність вегетації та продуктивність сільськогосподарських культур, оскільки визначає перебіг технологічних процесів [1; 2]. Особливе значення має їх еколого-меліоративне обґрунтування у зоні Степу України (зона екстремального землеробства), що характеризуються низьким рівнем вологозабезпечення та високим температурним режимом [3–5].

Порушення правил сівозмін призводить до забур'янення, поширення шкідників і хвороб, спостерігається зниження ефективності хімічних засобів захисту рослин [6]. Наприклад, висіяна пшениця озима за попередником озима пшениця у 1,4–1,7 рази сильніше уражується кореневими гнилями, у 1,5–2 рази бурюю і жовтою іржею, у 1,3–4 рази – сніговою пліснявою [7]. Забур'яненість посівів зростає у 10 разів. Варто зазначити, що монокультура озимої пшениці на четвертий рік характеризується зниженням урожайності у 2–3 рази. Вірне застосування сівозмін забезпечує зростання урожайності на 7,5–26,0% [8; 9], покращують мікроклімат сільськогосподарського поля, сприяє акумуляції макроелементів та вологи у ґрунтів, підвищують активність фотосинтетичних процесів, продукування вмісту хлорофілу у листі, збільшують площу фотосинтетичної поверхні впродовж вегетації, знижує рівень випаровування вологи із ґрунту, сприяють акумуляції вологи у рослинах та сприяє їх стресостійкості в умовах високих температур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У дослідженнях вчених доведено оптимальність 4-пільної сівозміни (при варіюванні від 3-х до 5-пільної). За умови вирощування льону, люпину, соняшника, капусти та баштанних сівозміна має бути 5-ти або 8-пільною [10]. Високі врожаї обумовлюються дотриманням чергування культур, оскільки попередник сприяє підтримці водного режиму, що

особливо важливо в умовах Степу. Встановлено, що в зоні Степу на утворення 1 тонни сухого урожаю кукурудзи на зерно та сорга за період вегетації з ґрунту рослинами споживається 550–700 м³ вологи, озимою зерною – 800–1100 м³, горохом – 1000–1300 м³, соняшником – 1100–1500 м³ вологи [11; 12]. Самим ефективним по акумуляції вологи у ґрунті є чорний пар, тому у зоні екстремального землеробства, у прогнозовані періоди низького рівня атмосферних опадів, рекомендовано введення у сівозміну чорного пару, який сприятиме підвищенню продуктивності агроценозів [13].

Рекомендовано застосування сівозмін з 50% зернових колосових, 25% бобових (кормовими) і зернобобових, 25% просапних культур [14]. Правильне чергування культур у сівозмінах створює сприятливі умови для живлення рослин, а біологічні особливості культур стають основною умовою сталого землеробства. Науково обґрунтоване чергування культур сівозміни підвищує ефективність агротехнічних заходів, сприяє збереженню родючості ґрунту, забезпечує високі і стабільні врожаї [15; 16].

В зоні Степу України сівозміни переважно мають три основні напрями: вирощування зернових, олійних, бобових та зернобобових культур [17]. Насиченість сівозміни зерновими культурами сягає 70–80%, в тому числі пшениця озима, кукурудза та інші колосові культури [18]. Тому виникає необхідність введення чорного пару або засівання бобовими та зернобобовими культурами.

Мета, матеріали і методи досліджень. Метою статті є просторово-часове дослідження впливу попередників на вегетацію та продуктивність озимої пшениці для уточнення обґрунтування сівозміни, встановлення ефективності попередника та рівня агротехнологічних заходів в ґрунтово-кліматичних умовах зони Степу.

Територія досліджень та ґрунтово-кліматичні умови. Дослідження розвитку та продуктивності озимої пшениці у природно-кліматичних умовах зони Степу залежно від попередників проводили в період вегетації культури 2021 рік (осінь) і 2022 (зима, весна, початок літа). Дослідне поле знаходиться у землекористуванні фермерського господарства «Світлана» на території Єланецького району Миколаївської області України. Загальна площа дослідів становила 46,64 га (рис. 1), у тому числі: ділянка 1 – попередник горох, площа 14,20 га; ділянка 2 – попередник ячмінь ярий, площа 12,20 га, ділянка 3 – попередник соняшник, площа 20,24 га. Досліди проводилися без зрошення, на прикладі озимої пшениці сорту

Дріада 1.

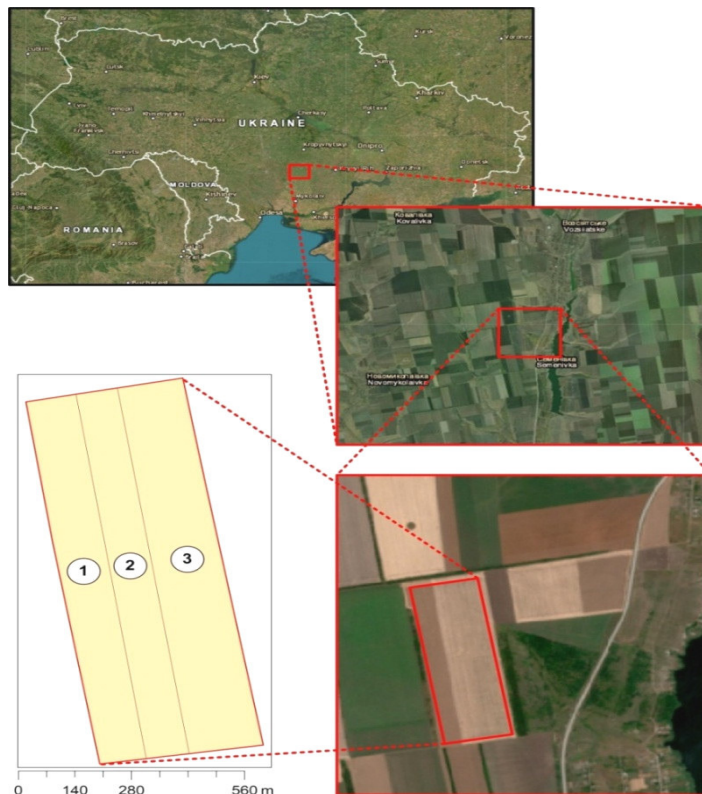


Рис. 1. Місце знаходження дослідного поля і порядок розташування посівів озимої пшениці сорту Дріада 1 відповідно до попередників:
1 – горох; 2 – ячмінь ярий; 3 – соняшник

Дослідне поле розташовано на лесових ґрунтах, чорноземах звичайних малогумусних середньо- та малозмитих легкоглинистих. Вміст гумус у ґрунтах варіює від 2,25% до 3,45%, глибина гумусового горизонту – 50–60 см, щільність ґрунту 1,0–0,2 г/см³. Реакція ґрунтового розчину наближена до нейтральної (рН 7,0), сума увібраних основ складає 34–38 мг екв. на 100 г ґрунту, ступінь насичення основами становить – 95,7%. За вмістом рухомих макроелементів ґрунт дослідного поля характеризується середнім вмістом нітратного азоту в шарі ґрунту 0–20 см – 86,0 мг/кг та рухомого фосфору – 58 мг/кг і дуже високим вмістом обмінного калію – 160,0 мг/кг ґрунту. Середній вміст мікроелементів складає: марганцю – 4,6 мг/кг, цинку – 0,32 мг/кг, кобальту в межах – 0,02–1,15 мг/кг, міді – 0,08–0,59 мг/кг, кадмію – 0,084–0,756 мг/кг, свинцю

– 0,52–5,57 мг/кг, ртуті – 0,012 мг/кг ґрунту.

У дослідженні використані фактичні значення приземної температури повітря (T , °C), сума атмосферних опадів (P , мм) за вегетаційний період осінь 2021 року та зима, весна, початок літа 2022 року (метеорологічна станція Миколаїв).

Агротехнологічна характеристика вирощування озимої пшениці.

Технологія вирощування озимої пшениці в межах дослідного поля представлена в таблиця.

Таблиця

Технологія вирощування озимою пшениці Дріада 1 в умовах Степу України (2021–2022 рр.)

Етапи	Агротехнологічні заходи, особливості	Ділянка 1 (попередник горох)	Ділянка 2 (попередник ячмінь ярий)	Ділянка 3 (попередник соняшник)
Обробіток ґрунту	Вид заходу, троки, вимоги (глибина), примітка	<ul style="list-style-type: none"> • лущіння на глибину 5–6 см (після збирання попередника 2-ї декаді червня); • дискування на глибину 16–18 см (перша декада серпня); • культивація на глибину 7–8 см (3-я декада серпня); • передпосівна культивація на глибину 5–6 см (3-я декада вересня). 	<ul style="list-style-type: none"> • після збирання попередника, 3-я декада серпня, проводилося дискування на глибину до 18 см з одночасним прикочуванням ґрунту задля його ущільненням перед сівбою пшениці озимої; • передпосівна культивація на глибину 5–6 см (3-я декада вересня). 	<ul style="list-style-type: none"> • після збирання попередника, 3-я декада серпня, проводилося дискування на глибину до 18 см з одночасним прикочуванням ґрунту задля його ущільненням перед сівбою пшениці озимої; • передпосівна культивація на глибину 5–6 см (3-я декада вересня).
Підготовка насіння	Характеристика: репродукція, схожість, сортова чистота, вологість, протруєння, норма висіву	Посів проводили кондиційним насінням сорту Дріада 1 першої репродукції, посівні якості за державними стандартами України (ДСТУ 3240-93. Насіння сільськогосподарських культур сортів та посівні якості). Обробку насіння пшениці озимої проводили за 10 днів до посіву польового досліду препаратом, що містить діючу речовину Тебуконазол 750 г/кг.		
Сівба	Строк сівби, спосіб сівби, знаряддя, глибина загортання насіння	Сівбу проводили суцільним способом зерною сівалкою з шириною міжрядь 15 см (СЗ-5,4) станом на 29.09 сортом Дріада 1, оригіном якого є НВФ «Дріада ЛТД» м. Херсон, Україна. Норма висіву складала 3,5 млн схожих насінин на гектар. Глибина загортання насіння складала 5–6 см.		

продовження таблиці

<p>Догляд за посівами</p>	<p>Осінь: боротьба з гризунами, обприскування. Весна: підживлення (вид добрива, норма), строк підживлення. Обробка (хвороби, гербіциди), строк обробітку, препарат, знаряддя, спосіб обробки</p>	<p>Осінній догляд за посівами передбачав боротьбу з мише-подібними гризунами шляхом розкидування принади, протруєної родентицидом, діючою речовиною якої є бродіфакум (Brodifakum), 0,25%. Весняний комплекс догляду за посівами передбачав:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ранньовесняне підживлення рослин пшениці озимої мінеральними добривами (аміачною селітрою) дозою N₃₀ у період початку відновлення весняної вегетації; • внесення гербіциду для боротьби з однорічними дводольними бур'янами в агроценозі (діюча речовина – Тифенсульфурон-метил, 300 г/кг + трибенурон-метил, 300 г/кг + флорасулам, 100 г/кг) проводили у фазу розвитку рослин BBCH 30-34; • усі інсектицидні обробки агроценозу проводили відповідно прогнозів розвитку ентомофагів (у фазу молочно-воскової стиглості зерна проводили інсектицидний обробіток посіву системним препаратом, діючою речовиною якого є хлорпірифос – 500 г/л та циперметрин-50 г/л для боротьби із клопом шкідливою черепашкою – <i>Eurygaster integriceps</i> Put.).
<p>Збирання</p>	<p>Строк збирання, спосіб збирання, якість зерна</p>	<p>Збирання пшениці озимої проводили в першу декаду липня за досягнення вологості зерна 15%. Облік урожаю та його структуру проводили механічним способом, шляхом скошування рослин з облікової площі комбайном Claas Lexion 760 та перерахунку вологості зерна на 14% та смітцевої домішки 2%. Площа облікових ділянок складала 4500 м².</p>

Методи дешифрування космічних знімків та просторового аналізу. Просторово-часова диференціація вегетації озимої пшениці сорту Дріада 1 визначалася на основі розрахунку Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) [19–21] за даними дешифрування космічних знімків Sentinel 2 із просторовим дозволом місцевості 10×10 м на піксель. Вегетація сорту Дріада 1 відображає типові процеси вегетації для сортів озимої пшениці, що вирощуються в зоні Степу України.

Значення NDVI від 0 до 1,0. Відкритий ґрунт поля характеризується значеннями NDVI від 0,05 до 0,10. Значення NDVI

на початок сівби дослідження становило 0,10. У дослідженні використано космічні знімки у безхмарний період. Частота опрацювання знімків склала 10–16 днів, що надало можливості визначення значення NDVI для макрофаз розвитку озимої пшениці, а саме: проростання (ВВСН 00-09), розвиток листів (ВВСН 10-19), кущіння (ВВСН 20-29), подовження стебла (ВВСН 30-39), трубкування (ВВСН 41-49), поява колосу (ВВСН 51-59), цвітіння (ВВСН 61-69), молочна стиглість (ВВСН 71-79), воскова стиглість (ВВСН 81-89), дозрівання зерна (ВВСН 92-99). Відповідність кожного значення NDVI певній макрофазі дозволяє стежити за розвитком посівів озимої пшениці у відповідності до різних попередників.

Для візуалізації картограм просторово-часового розподілу значень NDVI, підвищення достовірності інтерпретації вегетаційного індексу в межах окремих ділянок та характеристик неоднорідності вегетації озимої пшениці, було здійснено інтерполювання значень, отриманих на основі дешифрування космічних знімків Sentinel 2. Інтерполювання здійснено із застосуванням методу геостатистичного аналізу радіально-базисної функції [22; 23]. Даний детерміністичний метод забезпечив встановлення точної інтепорляційної поверхні зміни значень NDVI із збереженням вхідних растрових даних. Кореляційно-регресійний метод [24] використано для розробки функцій прогнозування урожайності озимої пшениці в залежності від просторово-часової диференціації значень вегетаційного індексу.

Обробка космічних знімків, побудова картограм, просторово-часовий та кореляційно-регресійний аналіз здійснювалися із застосуванням ліцензійного програмного продукту ArcGis 10.6 та Microsoft Excel 2010.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз кліматичних умови досліджень. Зональні умови дослідження характеризуються середньо-посушливими природно-кліматичними умовами. Середньостатистичне значення температури повітря (T , °C) за вегетаційний період озимої пшениці сорту Дріада 1 становило 11,4° C (рис. 2, а), стандартне відхилення мало значення 8,4° C, рівень варіації склав 74,8%. Значний рівень варіації температури повітря характеризується сезонними коливаннями. Сума атмосферних опадів (P , мм) за вегетаційний період озимої пшениці становила 303 мм (рис. 2, б), стандартне відхилення –

14,1° С, рівень варіації – 4,7%. Осінній період 2021 року вегетації культури характеризувався достатнім рівнем вологи та помірним температурним режимом для зони Степу. Сума атмосферних опадів склала 125 мм, середньомісячна температура повітря варіювала від 20,4° С у вересні до 4,8° С у листопаді 2021 року. У цей період температура повітря мала синхронні коливання із атмосферними опадами, що забезпечило високу енергію проростання та активними фотосинтетичними процесами розвитку рослини до початку зимового анабіозу.

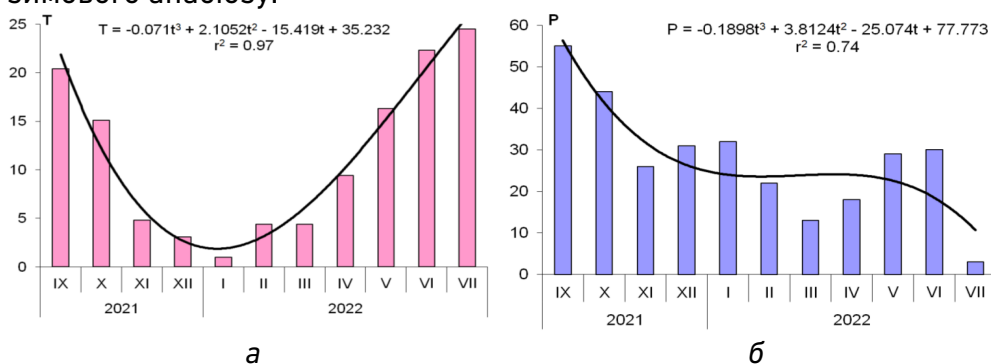


Рис. 2. Кліматичні умови періоду вегетації озимої пшениці (2021–2022 рр.):
а – середньомісячна температура повітря (Т, ° С);
б – кількість атмосферних опадів (Р, мм)

Зимовий період характеризувався м'якими кліматичними умовами із середньомісячними температурами 1,0–4,4° С та добрим зволоженням, сума атмосферних опадів склала 85 мм. У другій половині грудня 2021 року та впродовж січня 2022 року на супутникових знімках над територією дослідного поля фіксувався високий рівень хмарності в межах 85–100%. Ці місяці характеризувалися відносно високий рівень атмосферного вологозабезпечення, у грудні сума атмосферних опадів склала 31 мм, у січні – 32 мм. М'які температурні умови та достатнє вологозабезпечення у зимовий період створили сприятливі умови для зимового анабіозу озимої пшениці.

Весняно-літній період характеризувався типовими умови для зони Степу у період вегетації озимої пшениці. Середньомісячна температура повітря у березні склала 4,4° С, забезпечення атмосферними опадами мало низький рівень – 13 мм. Відновлення вегетації озимої пшениці розпочалося у другій половині березня при сумі біологічно-активних температур понад +5° С. Квітень 2022 року

характеризувався помірною температурою – $9,4^{\circ}\text{C}$, та сумою атмосферних опадів у 18 мм, що стало причиною зниження активності фотосинтетичних процесів і продукування вмісту хлорофілу у рослинах у макрофазі ВВСН 30-36. Травень характеризувався сприятливими кліматичними умовами для вегетації озимої пшениці: середньомісячна температура склала $16,3^{\circ}\text{C}$, сума продуктивних опадів становила 29 мм. Зокрема, відносно сприятливі умови для вегетації рослин були у червні, середньомісячна температура склала $22,3^{\circ}\text{C}$, сума продуктивних опадів становила 30 мм. Збір урожаю зернових відбувся 07.07.2022 року, перша декада липня характеризувалася високими температурами та відсутністю атмосферних опадів.

Дослідження вегетації посіви озимої пшениці. Перебіг вегетації озимої пшениці, активність фотосинтетичних процесів, продукування вмісту хлорофілу, закладка та формування структурних елементів врожаю залежать від ґрунтово-кліматичних умов території, сівозміни, характеристик попередника, ефективності агротехнологій. Дешифрування супутникових знімків та розрахунок значень NDVI (рис. 3, 4) надають можливості визначення особливостей вегетації рослин, специфіки їх розвитку у визначальні мікрофази формування урожайності, що дозволяє здійснювати коригування агротехнологічних операцій, за рахунок чого може підвищитися продуктивність сільськогосподарських культур на 40–60%.

Програмування урожайності озимих культур здійснюється на етапі регулювання норм висіву, рекомендована норма висіву озимої пшениці у зоні дослідження становить 3,5 млн насінин на гектар. Збільшення норми висіву насіння може бути причиною конкуренції рослин за ресурси росту, зниження стійкості до хвороб, зменшення рівня продуктивного куціння та продуктивності рослин в цілому. 29.09.2021 року, на початок висіву сорту Дріада 1 (ВВСН 00), середнє значення NDVI відкритого ґрунту на дослідному полі становило 0,10. Станом на 06.10.2021 рік (рис. 3) зафіксовано неоднорідність сходів озимої пшениці (мікрофаза ВВСН 09), максимальний рівень значень NDVI становив 0,17–0,27, що спостерігалось на ділянці 1 (попередник – горох) (рис. 3, рис. 5, а). Гірші умови сходів рослин зафіксовано на ділянці 2 (попередник – ячмінь ярий) (рис. 4, рис. 5, б) та ділянці 3 (попередник – соняшник) (рис. 3, рис. 5, в). На 80% площі ділянок значення NDVI варіювали від 0,16 до 0,19.

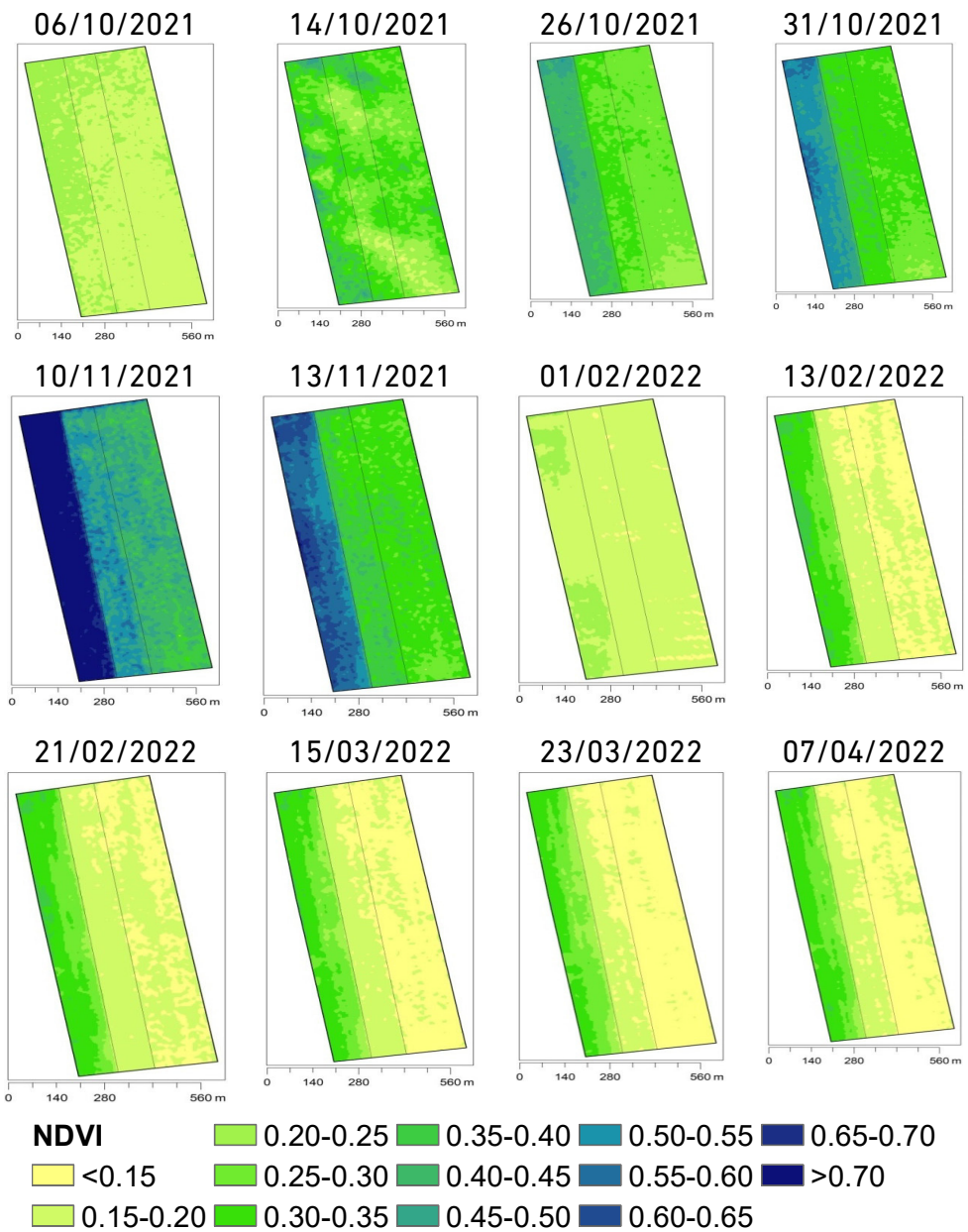


Рис. 3. Сезона диференціація значень NDVI озимої пшениці сорту Дріада на дослідному полі у період макрофаз BBCH 00-30

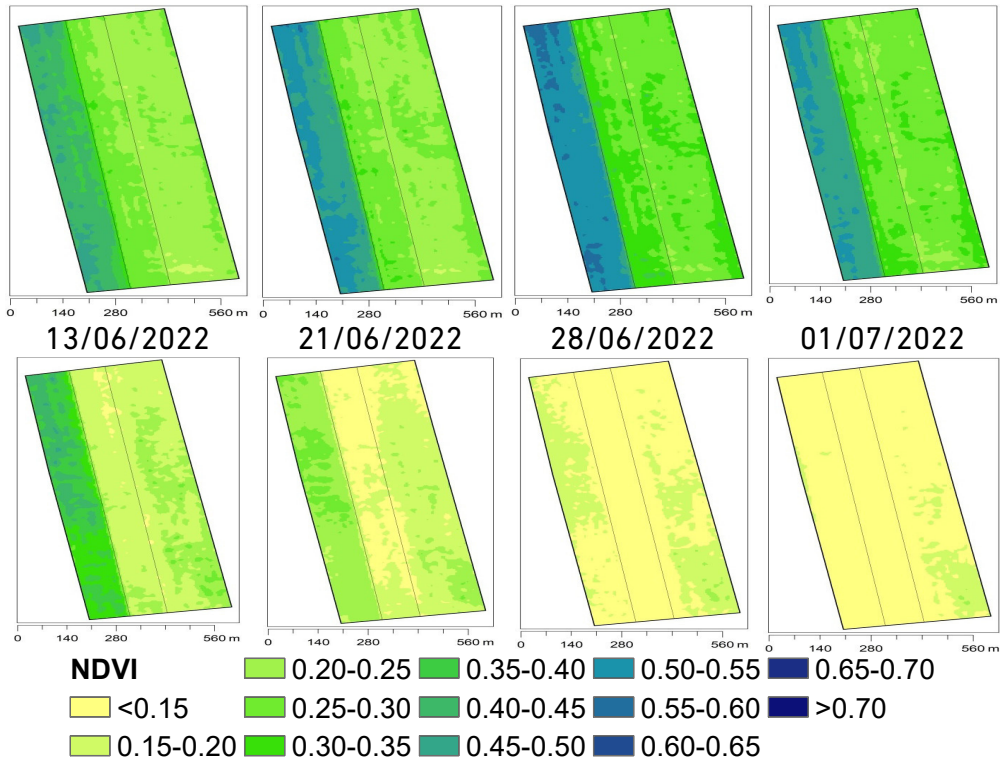


Рис. 4. Сезона диференціація значень NDVI озимої пшениці сорту Дріада1 на дослідному полі в період макрофаз BBCH 31-99

Визначено, що період осінньої вегетації у макростадії розвитку листа (BBCH 10-19) і кущіння (BBCH 20-29) залежать від попередника. На ділянці 1 зафіксовано сприятливі умови для осіннього розвитку рослин, значення індексу NDVI у макростадії BBCH 10-19 підвищувався від 0,19–0,53 до 0,32–0,56 (з 07.10 по 27.10.2021 р.). Враховуючи недостатній рівень вологи, що обумовлює екстремальні умови землеробства в зоні Степу, термін макростадії осіннього кущіння на дослідному полі тривав до періоду формування четвертого пагону кущіння (BBCH 20-24). Слід відзначити, що рівень фотосинтетичних процесів у рослин та густина стеблостою у період осіннього та весняного кущіння, мають акумулятивний ефект формування продуктивності озимої пшениці. У макрофазі BBCH 20-24, на ділянці 1, зафіксовано високий рівень продукування вмісту хлорофілу, значення NDVI у період кущіння підвищилося від 0,36–0,67 до 0,53–0,90. З 12.11.2021 р. почалося припинення осінньої

вегетації, що підтверджено значенням зниженням значень NDVI тобто, почався процес входження рослин в зимовий анабіоз.

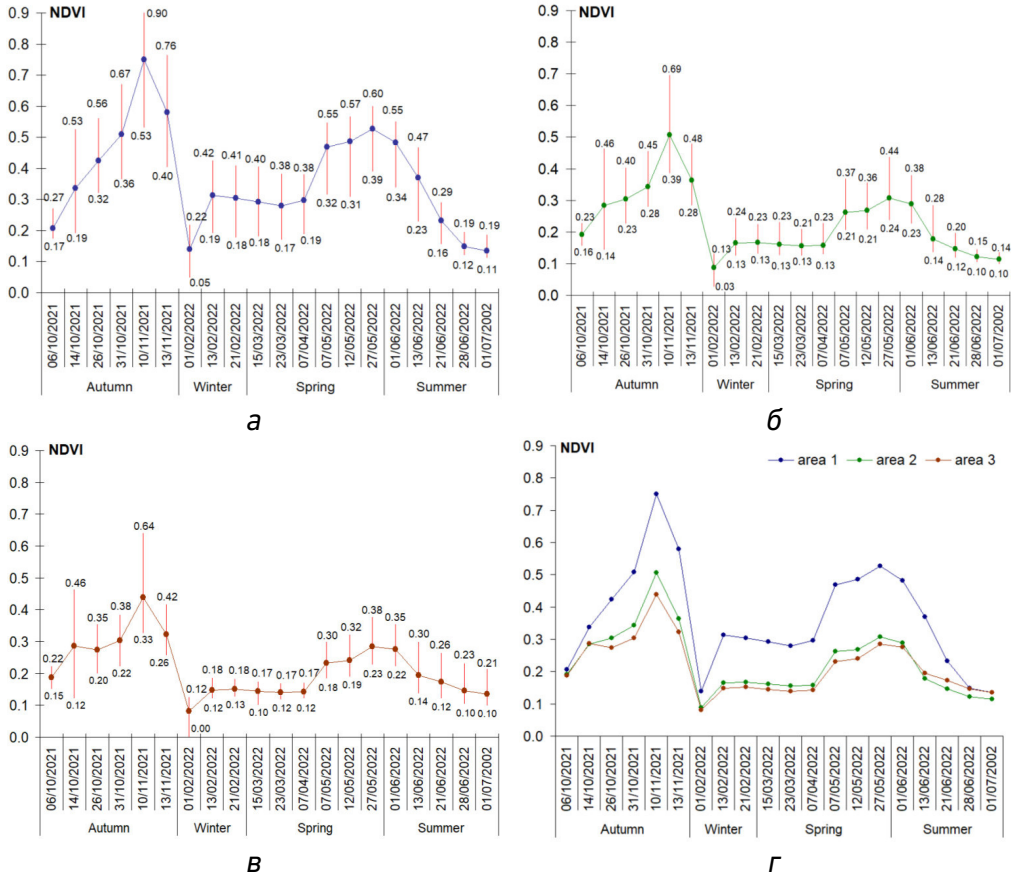


Рис. 5. Сезонний розподіл NDVI озимої пшениці сорту Дріада 1: а – ділянка 1 (попередник горох); б – ділянка 2 (попередник ячмінь ярий); в – ділянка 3 (попередник соняшник); г – середні значення NDVI

На ділянці 2 зафіксовано пригнічення вегетації, що продовжило макрофази розвитку листа (ВВСН 10-19) в порівнянні з інтенсивністю розвитку пшениці на першому полі. Термін вегетації рослини у макрофазі ВВСН 10-19 становив 30 днів (07.10-07.11.2021 р.). Значення NDVI у фазу розвитку листа варіювало від 0,14–0,46 до 0,28-0,45 (рис. 3, рис. 5, б). В період зимового анабіозу рослини на ділянці 2 входили у мікрофази ВВСН 21 (початок кушіння та формування першого пагону кушіння). Станом на 10.11.2021 рік

зафіксовано максимальне значення NDVI в осінню вегетацію озимої пшениці коливалося в межах 0,39–0,69.

На ділянці 3, за культури-попередника соняшник, спостерігалось пригнічення фотосинтетичних процесів та зниження продуктивності озимої пшениці сорту Дріада 1. Відмітимо уповільнення та пригнічення вегетації, що підтверджується низьким значенням NDVI (рис. 5, в), тривалістю періоду осінньої вегетації у макрофазі розвитку листа та входження в зимовий анабіоз у мікрофазу ВВСН 18.

У період зимового анабіозу знижується густина рослин та фотосинтетичні процеси. У грудні 2021 року та січні 2022 року зафіксовано високий рівень хмарності над дослідним полем, що унеможливило розрахунок значень NDVI. Для досліджень було використано дані наземної метеостанції Миколаїв, у відповідності до яких встановлено високий рівень вологозабезпечення та плюсові значення температур, що створило сприятливі умови зимівлі озимої пшениці. На початку лютого спостерігається різке зниження значення NDVI на дослідних ділянках, рівень відповідав значенням від 0 до 0,22.

Відновлення весняної вегетації озимої пшениці почалося 15.03.2022 року і тривало до 07.04.2022 року, значення NDVI варіювало на ділянці 1 в межах 0,17–0,38, ділянці 2 в межах 0,13–0,21, ділянці 3 від 0,12–0,17. Слід відзначити, що період осіннього і весняного кушіння та початок виходу у трубку ВВСН 30 мають важливе значення при закладці продуктивних стебел, елементів колосу та величини майбутньої урожайності культури. Зокрема, процес закладання та формування плодеlementів колоса та кількості зернин у ньому розпочинається наприкінці кушіння. В період мікрофази ВВСН 30 відбувається витягування і сегментація конусу наростання другого порядку, триває **закладка стрижня колоса** та колосків у ньому. Це є ознакою переходу від вегетативної до генеративної **фази розвитку зернових** культури. Станом на 07.04.2022 року кращі стартові умови нарощування фотосинтетичної поверхні мали рослини озимої пшениці розташовані на ділянці 1, значення NDVI склали в межах 0,19–0,38. Гіршими умовами відзначалися рослини на ділянці 2, значення NDVI – 0,13–0,23, і ділянці 3, значення NDVI – 0,12–0,17.

З початком виходу в трубку (макрофаза ВВСН 30–34)

відбувається закладка квіток у колосках та активне збільшення колоса у розмірі. Це є визначальним періодом росту і розвитку зернових колосових культур. Тому, у цей період здійснено ранньовесняне внесення аміачної селітри дозою N_{30} та **планове застосування гербіциду** з діючою речовиною Тифенсульфурон-метил, 300 г/кг + трибенурон-метил, 300 г/кг + флорасулам, 100 г/кг. Таким чином, ужиті агротехнічні операції сприяють збільшенню кількості життєздатних продуктивних пагонів, що попереджують відмирання вже сформованих продуктивних стебел, позитивно впливають на індивідуальну продуктивність рослин та оптимальну густоту стояння рослин, захищають посіви від хвороб і шкідників під час виходу рослин у трубку, в результаті **продуктивності колоса в зернових збільшується**.

Важливими агротехнологічним завданням є збереження листя зернових культур засобами хімічного захисту, оскільки хвороби листя є причиною зменшення площі фотосинтетичної поверхні впродовж вегетації, що є причиною передчасного припинення фотосинтетичних процесів, зниження активності продукування вмісту хлорофілу, продуктивності та урожайності культури. Тому, ефективне поглинання фотосинтетичної радіації та активне нарощування біомаси зернових культур розпочинається із появою третього листа (ВВСН 32) і триває до завершення молочної стиглості (ВВСН 79). Тому, у цей період реалізації генетичного потенціалу озимої пшениці залежить від ефективності агротехнологічних операцій по захисту рослин від хвороб, режиму підживлення та збереження вологи. Зокрема, у макрофази подовження стебла (ВВСН 30-39) та трубкування (ВВСН 41-49) важливим є стан продуктивних пагонів, що забезпечує високопродуктивне формування фотосинтетичної поверхні посівів. Визначальними показниками урожайності озимої пшениці є кількість продуктивних стебел на одиницю площі (m^2), кількість колосків і зернин у колосі, маса 1000 насінин (натура зерна). На дослідних ділянках було отримано такі результати: ділянка 1 – урожайність 4,65 т/га, кількість продуктивних стебел становила 390 шт/ m^2 , маса 1000 насінин – 42,5 г, кількість зерен в колосі – 30 шт., маса зерна в колосі – 1,27 г; ділянка 2 – урожайність 3,24 т/га, кількість продуктивних стебел становила 320 шт/ m^2 , маса 1000 насінин – 39,0 г, кількість зерен в колосі – 27 шт, маса зерна в колосі – 1,05 г; ділянка 3 – урожайність 2,98 т/га, маса 1000 насінин – 39,0 г, кількість продуктивних стебел 180

становила 305 шт/м², кількість зерен в колосі – 26 шт., маса зерна в колосі – 1,01 г.

Встановлено, що після колосіння (ВВСН 37-39) у прапорцевому та підпрапорцевому листах (ВВСН 31-33), а також у колосі (ВВСН 59) синтезуються запасні речовини, які потім транспортуються і накопичуються в ендоспермі зернівок. Від ефективності перебігу цього фізіологічного процесу залежить маса зернини та маса 1000 зернин. Формування 45% загальної маси зернини забезпечуються асимілянтами, які утворюються у прапорцевому листу. Підпрапорцевий, другий, третій і четвертий листи формують зернини на 35%, решта 20% формується з накопичених асимілянтів і синтезується у колосі.

В період формування прапорцевого листа станом на 07.05.2022 року (рис. 4, рис. 5) значення NDVI посівів на ділянці 1 варіювало від 0,32 до 0,55, на ділянці 2 в межах – 0,21–0,37, ділянці 3 – від 0,18–0,30. Встановлено, що у період формування прапорцевого листа надходження асимілянтів до колоса на ділянці 1 у 1,8–2,0 рази перевищує відповідні процеси на ділянка 2 і 3, що обумовлює **формування високої продуктивності колоса за попередника горох. В період макрофази трубкування ВВСН 41-49 зберігалася тенденція підвищення NDVI та кращих умов формвання на ділянці 1. Важлива макрофаза у формуванні 20% урожайності озимої пшениці є період появи колосу (ВВСН 51-59) та синтезу асимілянтів у самому колосі. В цей період зафіксовано максимальне нарощування фотосинтетичної поверхні посівів. Максимальна активність фотосинтетичних процесів та продукування вмісту хлорофілу посівів озимої пшениці фіксувалося на ділянці 1, значення NDVI станом на 27.05.2022 рік в межах 0,39–0,60. Нижчі значення NDVI спостерігалися на ділянці 2 – від 0,24 до 0,44, і ділянці 3 – в межах 0,23–0,38. Наприкінці макрофаз появи колосу та початку цвітіння (ВВСН 61-69) фіксувалося зниження активності фотосинтезу, значення NDVI на ділянці 1 становило від 0,34 до 0,55, ділянці 2 – в межах 0,23–0,38, ділянці 3 – 0,22–0,35. Цвітіння є важливим етапом органогенезу, коли відбувається перехід від генеративної фази розвитку рослин до репродуктивної, проходить запилення квіток у колосках і розпочинається процес формування зернівки. Тому, ураження в цей період хворобами, зокрема фузаріозом, та пошкодження**

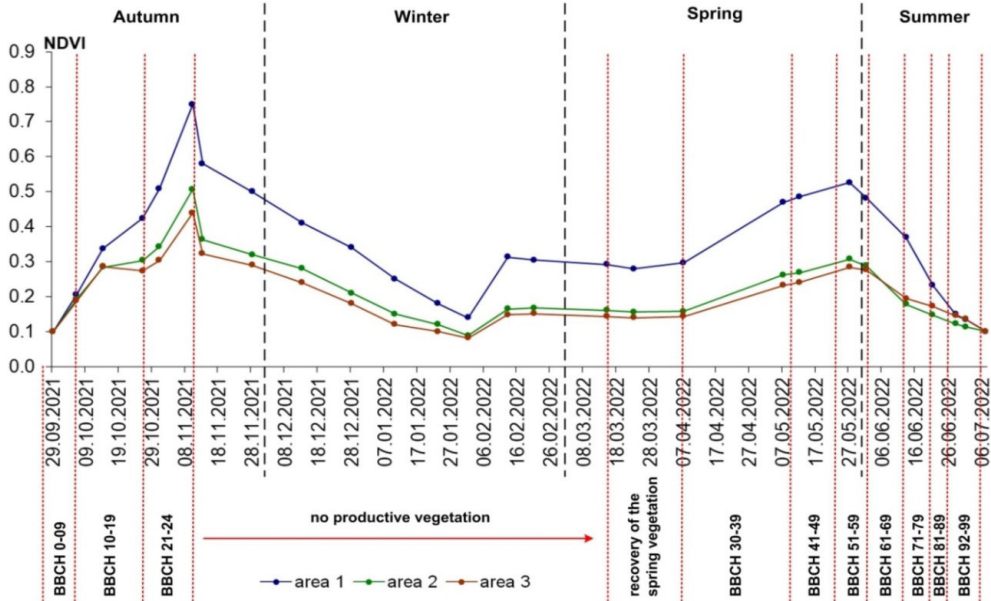
шкідниками, являються причиною зменшення кількості зерен у колосі, їх маси та якості (вміст клейковини).

У перші тижні після цвітіння відбувається формування зернівок в колосі, яке триває до завершення мікрофази молочної стиглості (ВВСН 79). Саме у цей період синтезується 50% органічної речовини та відбувається надходження її до зернівки, тому подовження терміну активності фотосинтетичних процесів та максимальне збереження асиміляційної поверхні листа є необхідною умовою отримання високої урожайності. Забезпечення цих процесів можливе за рахунок удобрення та захисту рослин від хвороб. На період завершення молочної стиглості (ВВСН 79) та початок макрофази формування воскової стиглості (ВВСН 81), станом на 21.06.2022 року, значення NDVI були схожими, на ділянці 1 значення варіювало від 0,16 до 0,29, на ділянці 2 – в межах 0,12–0,20, ділянці 3 – від 0,12 до 0,26. Це виступило індикатором припинення процесу поглинання фотосинтетичної радіації рослинами та початком дозрівання зернин. У макрофазу ВВСН 92-99 значення NDVI на дослідному полі станом на 01.07.2023 року склало 0,11–0,19. Стан посівів мікрофази ВВСН 93 «Зерно слабо тримається в колоску в денний час» став показником необхідного початку збору урожаю. Збір урожаю проведено 07.07.2022 року. Середня урожайності озимої пшениці сорту Дріада 1: на ділянці 1 – 4,65 т/га, ділянці 2 – 3,24 т/га, ділянці 3 – 2,98 т/га.

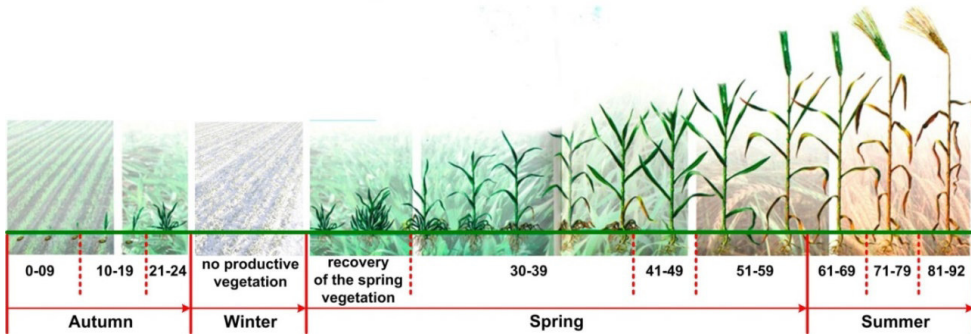
В результаті просторово-часового сезонного дешифрування супутникових знімків та розрахунку значень NDVI встановлено, що вегетація рослин посівів озимої пшениці на ділянці 1 за попередником горох відбувалася у 1,6 рази активніше ніж на ділянці 2 (попередник ячмінь ярий), та у 1,7 рази ніж на ділянці 3 (попереднику соняшник). Таким чином зафіксовано підвищення урожайності озимої пшениці на ділянці 1 порівняно із урожайністю на ділянках 2 і 3 у 1,43 та 1,56 відповідно. Характеристики представлено на рис. 6.

Результатами досліджень впливу культур попередників на сезонні зміни NDVI озимої пшениці у відповідності до уніфікованої шкали ВВСН доведено залежність вегетації озимої пшениці, формування продуктивності фотосинтетичної поверхні рослин, активності їх фотосинтетичних процесів та продукування вмісту хлорофілу за однакових умов клімату та агротехнологічних заходів вирощування культури від культури-попередника.

Висновки. Дослідження розвитку та продуктивності озимої пшениці в природно-кліматичних умовах зони Степу в залежності від культури-попередника проводили в період вегетації озимої пшениці (осінь 2021 року та зима, весна, початок літа 2022 року).



а



б

Рис. 6. Зміна NDVI (а) та візуалізація (б) розвитку озимої пшениці у відповідності до уніфікованої шкали BBCH

На основі даних дешифрування серії супутникових знімків космічного апарату Sentinel 2 та розрахунку значень NDVI, досліджено просторово-часові процеси вегетації озимої пшениці у відповідності до уніфікованої шкали BBCH. Встановлено, що посіви озимої пшениці на ділянці 1 (попередник горох) вегетація

відбувалася у 1,6 рази активніше ніж на ділянці 2 (попередник ячмінь ярий) та у 1,7 рази активніше ніж на ділянці 3 (попередник соняшник). Таким чином, активність вегетації стала причиною підвищення урожайності озимої пшениці на ділянці 1 у порівнянні з урожайністю на ділянках 2 і 3 у 1,43 та 1,56 рази відповідно. Урожайність озимої пшениці на ділянці 1 за попередником горох становила 4,65 т/га, на ділянці 2 за попередником ячмінь ярий 3,24 т/га, на ділянці 3 за попередником соняшник 2,98 т/га. Отримані результати досліджень є важливими для удосконалення методики дослідження вегетації сільськогосподарських культур, обґрунтування сівозміни та культури-попередника, визначення ефективності агротехнологічних заходів та прогнозування урожайності озимої пшениці у ґрунтово-кліматичних умовах зони Степу України.

1. Theron J. S., Collier G. J., Rose L. J., Labuschagne J., Swanepoel P. A. The effect of crop rotation and tillage practice on Fusarium crown rot and agronomic parameters of wheat in South Africa. *Crop Protection*. 2022. Vol. 166. 106175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106175> (дата звернення: 22.08.2023).
2. Liu Q., Zhao Y., Li T., Chen L., Chen Y., Sui P. Changes in soil microbial biomass, diversity, and activity with crop rotation in cropping systems: A global synthesis. *Applied Soil Ecology*. 2023. Vol. 186. 104815. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104815> (дата звернення: 22.08.2023).
3. Lisetskii F., Pichura V. Steppe Ecosystem Functioning of East European Plain under Age-Long Climatic Change Influence. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844> (дата звернення: 22.08.2023).
4. Dudiak N. V., Potravka L. A., Stroganov A. A. Soil and Climatic Bonitation of Agricultural Lands of the Steppe Zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46 (3). P. 534–540.
5. Pichura V., Potravka L., Vdovenko N., Biloshkurenko O., Straticuk N., Baysha K. Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23 (12). P. 189–202. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844> (дата звернення: 22.08.2023).
6. Kussul N., Deininger K., Shumilo L., Lavreniuk M., Ali DA, Nivievskiy O. Biophysical Impact of Sunflower Crop Rotation on Agricultural Fields. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(7). 3965. URL: <https://doi.org/10.3390/su14073965> (дата звернення: 10.08.2023).
7. Бадьорна Л. Ю., Бадьорний О. П., Стасів О. Ф. Технологія в галузях рослинництва : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2009. 665 с.
8. Бугайов В. Д., Васильківський С. П., Власенко В. А. Спеціальна селекція польових культур : навч. посіб. Біла Церква, 2021. 368 с.
9. Пиндус В., Гуцаленко О., Омельчук С.,

Василенко Л., Горбань С. Основи органічного рослинництва : навч. посіб. Київ : Науково-методичний центр Вищої та Фахової Передвищої Освіти, 2022. 326 с. **10.** Dogliotti S., Rossing W. A. H., Ittersum M. K. ROTAT, a tool for systematically generating crop rotations. *European Journal of Agronomy*. 2003. Vol. 19 (2). P. 239–250. URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00047-3) (дата звернення: 10.08.2023). **11.** Циліурік О., Румбах М. Система повного забезпечення посівів вологою за умов зрошення. *Агробізнес*. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/16506-systema-povnoho-zabezpechennia-posiviv-volohoiu-za-umov-zroshennia.html> (дата звернення: 10.08.2023). **12.** Pichura V., Domaratskiy Ye., Potravka L., Biloshkurenko O., Dobrovol'skiy A. Application of the Research on Spatio-Temporal Differentiation of a Vegetation Index in Evaluating Sunflower Hybrid Plasticity and Growth-Regulators in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24(6). P. 144–165. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/162782> (дата звернення: 10.08.2023). **13.** Wang R., Wang Y., Hu Y., Dang T., Guo S. Divergent responses of tiller and grain yield to fertilization and fallow precipitation: Insights from a 28-year long-term experiment in a semiarid winter wheat system. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20 (11). P. 3003–3011. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63296-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63296-8) (дата звернення: 10.08.2023). **14.** Циліурік О., Десятник Л. Науково обґрунтовані сівозміни – запорука успіху. *Агробізнес*. 2018. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/11015-naukovo-obgruntovani-sivozminy-zaporuka-uspikhu.html> (дата звернення: 10.08.2023). **15.** Jensen E. S., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 2020. Vol. 40 (5). URL: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x>; (дата звернення: 10.08.2023). **16.** Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24 (7). URL: <http://www.jeeng.net/Assessment-of-the-Effect-of-Biological-Growth-Regulating-Preparations-on-the-Yield,163494,0,2.html> (дата звернення: 10.08.2023). **17.** Sobko Z. Z., Vozniuk N. M., Likho O. A., Pryshchepa A. M., Budnik Z. M., Hakalo O. I., Skyba V. P. Development of agroecosystems under climate change in Western Polissya, Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(3). P. 256–261. Doi: 10.15421/2021_169 **18.** Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. 591 с. **19.** Essaadia A., Abdellah A., Ahmed A., Abdelouahed F., Kamal E. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics. *Heliyon*. 2022. Vol. 8 (12). e12204. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12204. **20.** Пічуря В. І., Домарацький Є. О., Потравка

Л. О. Застосування дистанційного зондування землі для дослідження вегетаційного розвитку гібридів соняшника за різних кліматичних умов зони Степу. *Екологічні науки*. 2023. № 2 (47). С. 196–205. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.32> **21.** Пічура В. І., Домарацький Є. О., Потравка Л. О., Вознюк Н. М. Оцінювання кліматичної пластичності гібридів соняшника та ефективності рістрегуючих препаратів на основі індексу NDVI. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 1 (101). С. 165–192. **22.** Kamińska et al., 2014 Kamińska, A., Grzywna, A. 2014. Comparison of deterministic interpolation methods for the estimation of groundwater level. *Journal of Ecological Engineering*. 2014. Vol. 15 (4). P. 55–60. doi: 10.12911/22998993.1125458. **23.** Pichura V., Potravka L., Straticchuk N., Drobitko, A. Space-Time Modeling Steppe Soil Fertility Using Geo-Information Systems and Neuro-Technologies. *Bulgarian journal of agricultural science*. 2023. Vol. 29 (1). P. 182–197. **24.** Riffenburgh R. H. Chapter 24 – Regression and Correlation Methods. *Statistics in Medicine (Second Edition)*. 2006. P. 447–486. doi: 10.1016/B978-012088770-5/50064-2.

REFERENCES:

1. Theron J. S., Collier G. J., Rose L. J., Labuschagne J., Swanepoel P. A. The effect of crop rotation and tillage practice on Fusarium crown rot and agronomic parameters of wheat in South Africa. *Crop Protection*. 2022. Vol. 166. 106175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106175> (data zvernennia: 22.08.2023). **2.** Liu Q., Zhao Y., Li T., Chen L., Chen Y., Sui P. Changes in soil microbial biomass, diversity, and activity with crop rotation in cropping systems: A global synthesis. *Applied Soil Ecology*. 2023. Vol. 186. 104815. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104815> (data zvernennia: 22.08.2023). **3.** Lisetskii F., Pichura V. Steppe Ecosystem Functioning of East European Plain under Age-Long Climatic Change Influence. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844> (data zvernennia: 22.08.2023). **4.** Dudiak N. V., Potravka L. A., Stroganov A. A. Soil and Climatic Bonitation of Agricultural Lands of the Steppe Zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46 (3). P. 534–540. **5.** Pichura V., Potravka L., Vdovenko N., Biloshkurenko O., Straticchuk N., Baysha K. Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23 (12). P. 189–202. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844> (data zvernennia: 22.08.2023). **6.** Kussul N., Deininger K., Shumilo L., Lavreniuk M., Ali DA, Nivievskiy O. Biophysical Impact of Sunflower Crop Rotation on Agricultural Fields. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(7). 3965. URL: <https://doi.org/10.3390/su14073965> ((data zvernennia: 22.08.2023).

- 7.** Badorna L. Yu., Badornyi O. P., Stasiv O. F. Tekhnolohiia v haluziakh roslynyntstva : navch. posib. Kyiv : Ahrarna osvita, 2009. 665 s. **8.** Buhaiov V. D., Vasylykivskiy S. P., Vlasenko V. A. Spetsialna selektsiia polovokh kultur : navch. posib. Bila Tserkva, 2021. 368 s. **9.** Pyndus V., Hutsalenko O., Omelchuk S., Vasylenko L., Horban S. Osnovy orhanichnoho roslynyntstva : navch. posib. Kyiv : Naukovo-metodychnyi tsentr Vyshchoi ta Fakhovoi Peredvyshchoi Osvity, 2022. 326 s. **10.** Dogliotti S., Rossing W. A. H., Ittersum M. K. ROTAT, a tool for systematically generating crop rotations. *European Journal of Agronomy*. 2003. Vol. 19 (2). P. 239–250. URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00047-3) (data zvernennia: 22.08.2023). **11.** Tsyliuryk O., Rumbakh M. Systema povnoho zabezpechennia posiviv volohoiu za umov zroshennia. *Ahrobiznes*. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/16506-systema-povnoho-zabezpechennia-posiviv-volohoiu-za-umov-zroshennia.html> (data zvernennia: 10.08.2023). **12.** Pichura V., Domaratskiy Ye., Potravka L., Biloshkurenko O., Dobrovol'skiy A. Application of the Research on Spatio-Temporal Differentiation of a Vegetation Index in Evaluating Sunflower Hybrid Plasticity and Growth-Regulators in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24(6). P. 144–165. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/162782> (data zvernennia: 22.08.2023). **13.** Wang R., Wang Y., Hu Y., Dang T., Guo S. Divergent responses of tiller and grain yield to fertilization and fallow precipitation: Insights from a 28-year long-term experiment in a semiarid winter wheat system. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20 (11). P. 3003–3011. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63296-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63296-8) ((data zvernennia: 22.08.2023). **14.** Tsyliuryk O., Desiatnyk L. Naukovo obgruntovani sivozminy – zaporuka uspiyku. *Ahrobiznes*. 2018. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/11015-naukovo-obgruntovani-sivozminy-zaporuka-uspiyku.html> (data zvernennia: 10.08.2023). **15.** Jensen E. S., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agron. Sustain. Dev*. 2020. Vol. 40 (5). URL: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x>; (data zvernennia: 22.08.2023). **16.** Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24 (7). URL: <http://www.jeeng.net/Assessment-of-the-Effect-of-Biological-Growth-Regulating-Preparations-on-the-Yield,163494,0,2.html> (data zvernennia: 22.08.2023). **17.** Sobko Z. Z., Vozniuk N. M., Likho O. A., Pryshchepa A. M., Budnik Z. M., Hakalo O. I., Skyba V. P. Development of agroecosystems under climate change in Western Polissya, Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(3). P. 256–261. Doi: 10.15421/2021_169 **18.** Zinchenko O. I., Salatenko V. N., Bilonozhko M. A. Roslynyntstvo :

pidruchnyk. Kyiv : Ahrarna osvita, 2001. 591 c. **19.** Essaadia A., Abdellah A., Ahmed A., Abdelouahed F., Kamal E. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics. *Heliyon*. 2022. Vol. 8 (12). e12204. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12204. **20.** Pichura V. I., Domaratskyi Ye. O., Potravka L. O. Zastosuvannia dystantsiinoho zonduvannia zemli dlia doslidzhennia vehetatsiinoho rozvytku hibrydiv soniashnyka za riznykh klimatychnykh umov zony Stepu. *Ekolohichni nauky*. 2023. № 2 (47). S. 196–205. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.32> **21.** Pichura V. I., Domaratskyi Ye. O., Potravka L. O., Vozniuk N. M. Otsiniuvannia klimatychnoi plastychnosti hibrydiv soniashnyka ta efektyvnosti ristrehuiuiuchykh preparativ na osnovi indeksu NDVI. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2023. № 1 (101). S. 165–192. **22.** Kamińska et al., 2014 Kamińska, A., Grzywna, A. 2014. Comparison of deterministic interpolation methods for the estimation of groundwater level. *Journal of Ecological Engineering*. 2014. Vol. 15 (4). P. 55–60. doi: 10.12911/22998993.1125458. **23.** Pichura V., Potravka L., Stratichek N., Drobitko, A. Space-Time Modeling Steppe Soil Fertility Using Geo-Information Systems and Neuro-Technologies. *Bulgarian journal of agricultural science*. 2023. Vol. 29 (1). P. 182–197. **24.** Riffenburgh R. H. Chapter 24 – Regression and Correlation Methods. *Statistics in Medicine (Second Edition)*. 2006. P. 447–486. doi: 10.1016/B978-012088770-5/50064-2.

Pichura V. I., Doctor of Agricultural Science, Professor, Potravka L. O., Doctor of Economics, Professor (Kherson State Agrarian and Economic University), **Domaratskyi Ye. O., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor** (Mykolaiv National Agrarian University), **Vozniuk N. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

PATTERNS OF WINTER WHEAT PRODUCTIVITY FORMATION DEPENDING ON ITS PREDECESSOR IN ACCORDANCE WITH BBCH SCALE IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

Application of crop rotation is an effective strategy to increase the resistance of soil systems to abiotic and biotic stresses, as well as increase the sustainability of land use in the moisture deficit zone. In line with the need to improve agrotechnological measures, it is important to substantiate the choice of a precursor to increase

nutrient elements in the soil, ensure good microclimatic conditions of vegetative development of plants, accumulate and preserve moisture in the soil and leaf cells, high photosynthetic capacity of plants and productivity of agrocenoses. Therefore, the purpose of the studies has been to establish spatiotemporal patterns of the influence of precursors on the vegetation and productivity of winter wheat in accordance with the unified BBCH scale in the soil-climatic conditions of the Steppe zone. Based on the decryption of a series of satellite images of the Sentinel 2 spacecraft, the calculation of NDVI values and field observations, the spatio-temporal processes of vegetation and winter wheat productivity depending on the predecessor in accordance with the unified BBCH scale were investigated. It was found that crops of winter wheat on the site on the predecessor of peas vegetation occurred 1.6 times more active than on the site on the predecessor of spring barley and 1.7 times more active than on the site on the predecessor of sunflower. This has led to an increase in winter wheat yield by 1.43 and 1.56 times, respectively. The yield of winter wheat on the site behind the predecessor peas has been 4.65 t/ha, on the site behind the predecessor grain crop (spring barley) 3.24 t/ha, on the site behind the predecessor sunflower 2.98 t/ha. The obtained research results are important for improving the method of studying crop vegetation, soil crop rotation and precursor culture, determining the effectiveness of agrotechnological measures and predicting the yield of winter wheat in conditions of moisture deficiency.

***Keywords:* winter wheat; predecessor; productivity; climate; NDVI.**

Польовий В. М., д.с.-г.н., професор, Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Майборода Х. А., аспірантка (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.m.poloviy@nuwm.edu.ua, t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua, h.a.maiboroda@nuwm.edu.ua)

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ САЛАТУ ЛИСТОВОГО ДЛЯ УМОВ ГІДРОПОНІКИ

В останні роки в усьому світі значно зросло гідропонне виробництво сільськогосподарських культур, оскільки це дозволяє більш ефективно використовувати воду та добрива, а також краще контролювати клімат і фактори шкідників. Гідропоніка – це, перш за все, вода. Адже, гідропоніка – це метод вирощування рослин без ґрунту. Але тільки на воді повноцінний врожай не виростити, тому одним із найважливіших визначальних факторів урожайності та якості сільськогосподарських культур є поживний розчин. Поживні речовини для рослин, які використовуються в гідропоніці, розчинені у воді і знаходяться переважно в неорганічній та іонній формах. Усі необхідні елементи для росту рослин постачаються за допомогою різних хімічних комбінацій, а створення поживного розчину, який забезпечує сприятливе співвідношення іонів для росту та розвитку рослин, вважається важливим кроком у вирощуванні культур у гідропонних системах [1].

Скоростиглість рослин салату та їх невелика площа вимагає підвищеної інтенсивності живлення. В даний час 17 елементів вважаються необхідними для більшості рослин – це вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо, мідь, цинк, марганець, молібден, бор, хлор і нікель. Інші елементи, такі як натрій, кремній, ванадій, селен, кобальт, алюміній та йод можуть стимулювати ріст або можуть компенсувати токсичну дію інших елементів. Проте, самими основними в поживному розчині вважаються тільки азот, фосфор, калій, кальцій, магній і сірка і вони доповнені мікроелементами.

У гідропоніці всі поживні речовини знаходяться в збалансованому співвідношенні, яке безпосередньо надходить до рослин. Крім того, існують інші параметри, які можуть змінити

доступність поживних речовин для рослин (рівень рН живильного розчину, електропровідність, температура, рівень розчиненого кисню).

Нами експериментально досліджено і обґрунтовано особливості системи живлення салату листового для умов гідропоніки.

Ключові слова: салат листовий; живлення; гідропоніка; мікроелементи; поживний розчин; параметри; хімічний склад.

Постановка проблеми. В час всесвітньої нестабільності, коли різко зросли екологічні та психоемоційні навантаження на організм людини, все більшого значення набуває здоровий спосіб життя та раціональне харчування. Важлива роль при цьому відводиться зеленим і пряним культурам, оскільки навіть незначна кількість споживаної зелені в раціоні людини дає позитивний ефект [2]. Тому нами основна увага зверталась на індивідуальні потреби салату листового для формування системи живлення.

Сучасна наука достовірно довела, що протягом вегетації ціла низка стресових чинників знижує генетично закладений потенціал рослини зі 100 % до 30 % у підсумку. Коректно побудована система живлення рослин, може суттєво вплинути на цей показник та істотно змінити рівень урожаю.

У гідропоніці визначальним фактором слід вважати живильний розчин. Від того, наскільки правильно підібране поєднання всіх необхідних мікроелементів, буде залежати ріст і розвиток салату листового. Мало того, в окремі періоди росту і розвитку потрібно коригувати кількість компонентів.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є обґрунтування оптимальної системи живлення салату листового, а саме Афіціон (батавія) для умов гідропоніки.

Рослини поглинають необхідні поживні речовини у вигляді іонів, розчинених у кисні. У воді рослинами поглинаються поживні речовини та кисень, які мають не застоюватись, а переміщатися. Це і є основним завданням гідропоніки – методу безпідставної культивування, який стимулює зростання рослин за допомогою регулювання кількості води, мінеральних солей і, що найбільш важливо, розчиненого кисню.

Перед авторами постало завдання дослідити підвищення

ефективності процесу живлення рослин закритого ґрунту водним розчином поживних речовин приготованим за рецептом Герріка (який у 1930 році заново відкрив концепцію вирощування методом гідропоніки).

Матеріали і методи дослідження. Об'єкт дослідження – поживний розчин Герріке для гідропонного вирощування *Lactuca Sativa*.

Дослідження проводилися в навчально-науковій лабораторії циклічних водних агроєкосистем Національного університету водного господарства та природокористування.

Результати досліджень. У порівнянні з ґрунтовим вирощуванням розсади овочевих культур гідропонні системи дозволяють значно прискорити зростання останньої, збільшити вихід продукції, забезпечити екологічну чистоту і високу якість овочевої продукції. Як зазначалося раніше, поживні розчини зазвичай містять шість основних поживних компонентів: N, P, S, K, Ca і Mg. Поглинання поживних речовин рослинами може відбуватися лише тоді, коли вони присутні в доступній для поглинання формі, і в більшості випадків вони поглинаються в іонній формі. Іони є електрично зарядженими формами кожної поживної речовини, деякі є катіонами (позитивно зарядженими), а інші є аніонами (негативно зарядженими). Наприклад, азот поглинається у вигляді амонію (NH_4^{4+} , катіон) або нітрату (NO_3^{-} , аніон). У табл. 1 наведено доступну форму кожної поживної речовини.

Таблиця 1

Форма поживних речовин, яку приймають рослини

Елемент	Форма поживних речовин
Азот	NH_4^{+} , NO_3^{-}
Фосфор	HPO_4^{2-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$
Калій	K^{+}
Кальцій	Ca^{2+}
Магній	Mg^{2+}
Сірка	SO_4^{2-}
Залізо	Fe^{2+} , Fe^{3+}
Мідь	Cu^{2+}
Цинк	Zn^{2+}
Марганець	Mn^{2+} , Mn^{4+}

Функція поживного розчину для гідропоніки полягає в забезпеченні коренів рослин водою, киснем і основними мінеральними елементами в розчинній формі. Живильний розчин зазвичай містить неорганічні іони з розчинних солей основних елементів, необхідних рослині. В табл. 2 наведений приклад розчину за Герріке.

Таблиця 2

 Живильний розчин для гідропоніки за Герріке (г/дм³)

Склад розчину	Кількість речовини
Калійна селітра (KNO ₃)	5,5
Сульфат магнію (MgSO ₄)	1,4
Монокальцій фосфат (CaH ₄ P ₂ O ₈)	1,4
Кальцієва селітра (Ca(NO ₃) ₂)	1
Сульфат заліза (FeSO ₄)	0,2
Тетраборат натрію (Na ₂ B ₄ O ₇)	0,02
Сульфат марганцю (MnSO ₄)	0,02
Сульфат цинку (ZnSO ₄)	0,01
Сульфат міді (CuSO ₄)	0,01

Поживні речовини поглинаються рослинами приблизно в тих же відносних кількостях, що й у поживному розчині. Також значення рН впливає на доступність і поглинання поживних речовин. Наприклад, при кислому рН деякі елементи також можуть випадати в осад у вигляді нерозчинних сульфідів. Проаналізувавши розчин та розрахувавши його поживний профіль, надходження елементів живлення, сумарний вміст солей та об'єм необхідний для живлення 1 м² салату можемо сказати, що розчин Герріке необхідно розбавляти в 10 разів, так як склад є розбалансованим по макроелементах і амплітуда коливань мінімально необхідного об'єму розчину для 100%-го забезпечення живлення салату у мікроелементах коливаються в межах від 2,9 дм³/м² (за Са) до 1,0 дм³/м² (за К).

Варто відзначити, що додавання поживних речовин у формі солей до гідропонних розчинів може призвести до реакцій гідролізу, які можуть призвести до підкислення або підлуження середовища [3].

Салат – культура, що швидко росте, тому потреба в азотному живленні досить висока. Якість листків також пов'язана з вмістом

азоту у свіжій продукції. Погана якість листків свідчить про недостатнє азотне живлення. В середньому для салату необхідно: 140 кг/га N; 125 кг/га P₂O₅; 200 кг/га K₂O; 60 кг/га CaO; 20 кг/га MgO [4]. Також необхідно контролювати концентрацію кисню розчиненого у воді (залежить від температури розчину, при 20° С концентрація розчиненого кисню дорівнює 9,09 мг/дм³), так як це запобігає розвитку захворювань у живильному розчині [5].

Кілька дослідників [6; 7; 8] повідомили про посилене поглинання NO³⁻, коли джерело азоту в живильному розчині містило від 5% до 25% NH⁴⁺. При рН 6,8 як NO³⁻, так і NH⁴⁺ поглинаються однаково, тоді як NO³⁻ є кращим у кислому середовищі, а NH⁴⁺ – у лужному. Вплив рН на засвоєння поживних речовин також спостерігається для інших макро- та мікроелементів. Дійсно, рН від 6,0 до 8,0 є оптимальним для поглинання макроелементів, таких як фосфор (H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ або PO₄³⁻), калій (K⁺), сірка (SO₄²⁻), кальцій (Ca²⁺) і магній (Mg²⁺). Враховуючи, що такі мікроелементи, як залізо (Fe³⁺, Fe²⁺), марганець (Mn²⁺), бор (BO₃²⁻, B₄O₇²⁻), мідь (Cu²⁺, Cu⁺) і цинк (Zn²⁺), переважно поглинаються при значеннях рН нижче 6,0 [9; 10].

Висновки. Гідропонне вирощування покращує технології вирощування сільськогосподарських культур у всьому світі завдяки мінімальному впливу на навколишнє середовище, покращеній боротьбі зі шкідниками та забезпечує високу врожайність. Одним із важливих факторів високої продуктивності вирощування овочевих культур методом гідропоніки є точна та своєчасна подача мінерального живлення до їх кореневої системи. При гідропонному вирощуванні всі мінеральні речовини рослини отримують з водного розчину. Він має містити мікроелементи (N, P, K, Mg, Ca, S) та мікроелементи (Zn, B, Fe, Mn). Нами був обраний поживний розчин Герріка, який недостатньо забезпечує всіма необхідними елементами рослину. В подальшому необхідно дослідити поживний розчин за Кнопом та Еллісом.

Задля оптимальної системи живлення для салату листового потрібен не лише правильно приготований поживний розчин, але і виміряти електропровідність гідропонного розчину, рівень рН, температуру та рівень розчиненого кисню. Завдяки контрольованому внесенню добрив, здатністю змінювати поживні речовини в різних погодних умовах і на різних стадіях росту рослин, зменшення вимивання добрив із кореневої зони, зменшення забруднення,

охорона навколишнього середовища та підвищення якості та кількості продуктів стають одними з основних переваг гідропоніки.

1. Nguyen V. Q., Van H. T., Le S. H., Nguyen T. H., Nguyen H. T., Lan N. T., et al. Production of hydroponic solution from human urine using adsorption–desorption method with coconut shell-derived activated carbon. *Environmental Technology and Innovation*. 2021. Vol. 23. 101708. 2. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч. 1. Закритий ґрунт : навч. посіб. Вінниця : Нова книга, 2008. 368 с. 3. Asher C. J., Edwards D. G. In: Pirson A., Zimmermann M. H., editors. Modern Solution Culture Techniques. In *Inorganic Plant Nutrition*. Berlin, Heidelberg : Springer, 1983. Pp. 94–119. 4. В. Б. Кутовенко, І. Г. Міхаліна, В. Т. Гонтар. Сучасні технології вирощування овочевих культур : навч. посіб. для студентів напряму «Агрономія» агробіологічних спеціальностей вищих навчальних закладів освіти III–IV рівнів акредитації. Київ, 2013. 300 с. 5. Msayleb N. Soil ozonation as a sustainable alternative to methyl bromide fumigation and synthetic pesticides. *Graduate Theses and Dissertations*. 2014. P. 13763. URL: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-408> (дата звернення: 10.08.2023). 6. Jones B. J. *Hydroponics—A Practical Guide for the Soilless Grower*, 2nd ed. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2005. 7. Savvas D., Passam H. C., Olympios C., Nasi E., Moustaka E., Mantzos N., Barouchas P. Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. *HortScience*. 2006. № 41. P. 1667–1673. 8. Sonneveld C. Composition of nutrient solutions. In *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publisher. Athens, Greece, 2002. Pp. 179–210. 9. Polomski R. South Carolina Master Gardener Training Manual. Master’s Thesis, Clemson University, Clemson, SC, USA, 2007. 10. Lucas R. E., Davis J. F. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Sci*. 1961. Vol. 92. P. 177–182.

REFERENCES:

1. Nguyen V. Q., Van H. T., Le S. H., Nguyen T. H., Nguyen H. T., Lan N. T., et al. Production of hydroponic solution from human urine using adsorption–desorption method with coconut shell-derived activated carbon. *Environmental Technology and Innovation*. 2021. Vol. 23. 101708. 2. Hil L. S., Pashkovskiy A. I., Sulima L. T. Suchasni tekhnolohii ovochivnytstva zakrytoho i vidkrytoho gruntu. Ch. 1. Zakrytyi grunt : navch. posib. Vinnytsia : Nova knyha, 2008. 368 s. 3. Asher C. J., Edwards D. G. In: Pirson A., Zimmermann M. H., editors. Modern Solution Culture Techniques. In *Inorganic Plant Nutrition*. Berlin, Heidelberg : Springer; 1983. Pp. 94–119. 4. V. B. Kutovenko, I. H. Mikhalina, V. T. Hontar. Suchasni tekhnolohii vyroshchuvannya ovochevykh kultur : navch. posib. dlia

studentiv napriamu «Ahronomiia» ahrobiolohichnykh spetsialnostei vyshchykh navchalnykh zakladiv osvity III–IV rivniv akredytatsii. Kyiv, 2013. 300 s.

5. Msayleb N. Soil ozonation as a sustainable alternative to methyl bromide fumigation and synthetic pesticides. *Graduate Theses and Dissertations*. 2014. P. 13763. URL: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-408> (data zvernennia: 22.08.2023).

6. Jones B. J. *Hydroponics—A Practical Guide for the Soilless Grower*, 2nd ed. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2005.

7. Savvas D., Passam H. C., Olympios C., Nasi E., Moustaka E., Mantzos N., Barouchas P. Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. *HortScience*. 2006. № 41. P. 1667–1673.

8. Sonneveld C. Composition of nutrient solutions. In *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. *Embryo Publisher*. Athens, Greece, 2002. Pp. 179–210.

9. Polomski R. *South Carolina Master Gardener Training Manual*. Master's Thesis, Clemson University, Clemson, SC, USA, 2007.

10. Lucas R. E., Davis J. F. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Sci*. 1961. Vol. 92. P. 177–182.

**Poloviy V. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate
Professor, Maiboroda H. A., Post-graduate Student** (National University
of Water and Environmental Engineering, Rivne)

JUSTIFICATION OF THE LETTUCE NUTRITION SYSTEM FOR HYDROPONIC CONDITIONS

In recent years, hydroponic crop production has grown significantly worldwide, as it allows for more efficient use of water and fertilizers, as well as better control of climate and pest factors. Hydroponics is, first of all, water. After all, hydroponics is a method of growing plants without soil. But a full-fledged crop cannot be grown only on water, therefore one of the most important determining factors of the yield and quality of agricultural crops is the nutrient solution. Plant nutrients used in hydroponics are dissolved in water and are mainly in inorganic and ionic forms. All the necessary elements for plant growth are supplied by various chemical combinations, and creating a nutrient solution that provides a favorable ratio of ions for plant growth and development is considered an important step in growing crops in hydroponic systems.

Precociousness of lettuce plants and their small area requires increased feeding intensity. Currently, 17 elements are considered essential for most plants – carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, iron, copper, zinc, manganese, molybdenum, boron, chlorine and nickel. Other elements such as sodium, silicon, vanadium, selenium, cobalt, aluminum and iodine can stimulate growth or can compensate for the toxic effects of other elements. However, only nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur are considered the most basic in the nutrient solution, and they are supplemented with trace elements.

In hydroponics, all the nutrients are in a balanced ratio that goes directly to the plants. In addition, there are other parameters that can change the availability of nutrients for plants (pH level of the nutrient solution, electrical conductivity, temperature, dissolved oxygen level).

We have experimentally investigated and substantiated the features of the lettuce nutrition system for hydroponic conditions.

***Keywords:* leaf lettuce; nutrition; hydroponics; trace elements; nutrient solution; parameters; chemical composition.**

Совгира С. В., д.пед.н., професор, Максютов А. О., к.пед.н., доцент, (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, sovginasvitlana@gmail.com, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Турчина К. П., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Півне, k.p.turchina@nuwm.edu.ua)

ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОЦІНКИ МОРФОМЕТРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТОПОГРАФІЧНОЇ ОСНОВИ СКЛАДНО-РЕЛЬЄФНОЇ МІСЦЕВОСТІ

У статті розглянуті практичні аспекти вдосконалення способів геодезичної оцінки морфометричних елементів топографічної основи складно-рельєфної місцевості. Доведено, що актуальним завданням сьогодні є розробка методики визначення висот перерізу рельєфу шляхом використання інформативних і геоіндикаторних характеристик, що забезпечує точність і оптимальність параметрів складання топографічних карт і планів. Встановлено, що використання методу геоінформаційного картографування, в умовах місцевостей зі складним рельєфом, забезпечить користувачів необхідною інформацією з високим ступенем актуалізації та точності.

***Ключові слова:* геодезичні роботи; геодезична оцінка; морфометричні елементи; переріз рельєфу; топографо-геодезичні дослідження; складно-рельєфна місцевість; топографічні карти та плани; геоінформаційне картографування.**

Постановка проблеми. В умовах динамічного розвитку економіки нашої країни виникла потреба докорінного перегляду земельних відносин у країні, до Земельного кодексу України постійно вводяться зміни, у суспільстві гостро обговорюється питання прозорості процесів, пов'язаних із землеустроєм та землекористуванням. Отримання точних, достовірних і актуальних топографічних даних щодо земельних та інших природних ресурсів зараз має високе соціально-економічне загальнодержавне значення. У зв'язку з цим, основним завданням геодезії є якісна побудова топографічних, тематичних карт і планів, основною

вимогою до яких є відповідність світовим стандартам і встановленим нормативам.

У багатьох галузях економіки України важливою складовою є інформація про місцевість, у зв'язку з чим зростає попит на якісні послуги з використанням геодезичної та картографічної продукції, нерідко ця продукція є важливим юридичним документом. Вивчення морфометричних характеристик рельєфу земної поверхні викликає великий інтерес, як у методологічній, так і практичній сферах досліджень [2, С. 275].

Значні результати вдосконалення технологій та методів вивчення геодезії та картографії надали різкого поштовху у розвитку сфер господарства, що залежать від інженерних досліджень. Питання дослідження рельєфу територій нашої країни успішно вирішуються на досягнутій методичній основі із застосуванням доступної технології цифрової картографічної інформації.

Значна зміна якісних показників за рахунок покращення технології вимірювань планових та висотних даних цифрової моделі рельєфу дала можливість покращити виміри, що проводяться по всій території України, значно скоротити час на створення карт масштабу, що перевищують відношення 1:50000 для місцевостей зі складним рельєфом.

Застосування результатів дистанційного зондування земної поверхні з космічних супутників, зйомки з повітряних літальних апаратів все більше стають затребуваними і є основними структуроутворюючими деталями картографічного матеріалу, що оновлюється.

Розвідувальні роботи з будови поверхні землі з використанням цифрових моделей місцевості на основі точних даних математичного розподілу точок висот, а також отриманих похідних значень кутів, положень та кутів схилів, планових та висотних величин рельєфу, геоморфологічних даних усіх вимірів є основою при створенні карт місцевості [8, С. 159].

Застосування сучасних приладів систем фіксації деталей рельєфу поверхні землі, створення новітніх програмних продуктів і технічних рішень щодо оцифрування даних, що отримуються при розвідувальних роботах дають можливість створювати інформаційні банки даних необмеженого обсягу, формувати сховища для масивів даних вимірів із багаторазовим захистом від втрат інформації

цифрових моделей місцевості.

Існуючі способи, спрямовані на вивчення складного рельєфу і визначення раціональної висоти перерізу рельєфу, зумовлюють необхідність удосконалення чи розробки нових способів визначення оптимальних висот перерізу рельєфу, цим представляючи певний науковий інтерес. Висота перерізу рельєфу тісно пов'язана і визначається масштабом, зі зростанням знаменника масштабу збільшується і висота перерізу рельєфу [5, С. 259]. Найбільш вирішальним для вибору раціонального масштабу топографічної основи є даний параметр. Результати аналізу свідчать про методологічну та практичну важливість, а також про новизну вирішення проблем визначення раціональної висоти перерізу при побудові топографічних карт та планів місцевостей різної морфометричної складності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розподілу висот нерівностей рельєфу вивчалися небагатьма дослідниками. У своїх наукових доробках автори доводять можливість задовільного опису розподілу висот, ухилів та елементарних площ рельєфу деякими теоретичними законами розподілу [1; 2; 4; 8; 9; 12]. Нормальний Закон розподілу з метою оцінки морфометричних ознак, включаючи висоти рельєфу, використаний І. П. Шараповим [14], Закон Циппа застосовано Ю.К. Неумивакіним [8], Оміржановою Ж. Т. [10] та інші вчені вважають близькими емпіричні розподіли висот рельєфу до нормального закону розподілу та деяких типів кривих Пірсона. Результати більш детального дослідження морфометричних ознак рельєфів різної складності висвітлено також у роботах дослідників, які спрямовані на вирішення задач визначення висоти перерізу рельєфу, де розглянуто питання визначення висоти перерізу рельєфу з урахуванням випадкової складової природної мінливості елементарних поверхонь рельєфу. Проте, вищезазначений перелік наукових праць не передбачає визначення перерізу рельєфу шляхом використання інформативних і геоіндикаторних характеристик, що забезпечує точність і оптимальність параметрів складання топографічних карт і планів.

Мета і завдання досліджень. Метою дослідження є вдосконалення способів комплексної геодезичної оцінки морфометричних елементів топографічної поверхні в умовах місцевості зі складним рельєфом.

Основні завдання дослідження: розробка раціональної методики визначення висоти перерізу рельєфу за умов місцевості зі складним рельєфом; вивчення морфометричних характеристик рельєфу земної поверхні з метою підвищення оптимальності та диференційованості висоти перерізу рельєфу; удосконалення методичної основи та ефективного використання джерел аерокосмічної, наземної, картографічної інформації.

Виклад основного матеріалу досліджень. На сьогодні в картографічному виробництві використовуються різні джерела даних вимірювань поверхні землі, застосовуються новітні методи їх інтерполяції при проектуванні земної поверхні, що не переривається, з висотними характеристиками, застосування яких дають різні за точністю цифрові моделі рельєфу. У зв'язку з цим покращення ступеня якості цифрової моделі рельєфу є одним із актуальних питань геодезичної науки і картографічного виробництва, що передбачає отримання точніших вимірів точок висот зі значно більшою роздільною здатністю.

Геодезія як наука повинна постійно вдосконалювати методику вимірювань, удосконалювати систематизацію збору та обробки даних точок висот, автоматизувати процес опису та візуалізації топографічних елементів, значно розширювати методику зображення поверхні землі [10, С. 140].

Створення нових інтелектуальних комп'ютерних технологій, надточних вимірювальних приладів, створення найскладніших та найнадійніших геоінформаційних систем, освоєння своєї космічної індустрії дозволило створити умови для вдосконалення геодезичних досліджень рельєфу території України.

Вивчення рельєфу топографічної основи місцевості зі складним рельєфом є першочерговим завданням для наукових та прикладних досліджень у галузі геодезії та картографії, для сільськогосподарських робіт, для практичних цілей навігації, будівництва, видобутку корисних копалин, при проведенні пошуково-розвідувальних робіт, включаючи прокладання трубопроводів, а також розвиток глобальних інформаційних систем, а саме створення нового покоління цифрових карт з високою роздільною здатністю та великим ступенем надійності [11, С. 127].

Методика вибору оптимальної величини перерізу рельєфу заснована на модельному поданні закономірностей змін його

значень у заданому діапазоні, залежно від ступеня мінливості елементарних висот рельєфних нерівностей за допомогою статистичного критерію ефективності та композиційного розподілу ймовірностей.

Очевидно, що емпіричні розподіли висот рельєфу по місцевостях різної складності описуються різною формою кривої гіпсографічної розподілу. При цьому емпіричний розподіл висот рельєфу рівнинної місцевості описується унімодальною симетричною висотою рельєфу місцевості [1, С. 64].

Отже, для оцінки площі рельєфу під гіпсографічною кривою чергування його висот, варто використовувати функції нормального, показового та спеціального розподілів.

У сфері земної поверхні морфометричні показники – це кількісні показники, що характеризують типи і форми рельєфу місцевості, протяжності, площі та числа характерних точок рельєфу, висоту, глибину прогинів, нерівностей і величину градієнта горизонтальної відстані між сусідніми характерними точками, розмірних параметрів виділених водних об'єктів, гірських піків, тальвегів, площин, а також параметрів ухилу рельєфу, довжини та ширини витягнутих форм, азимутів простягання та падіння, експозиції крутих та пологих схилів та асиметричних форм. Поряд з цими важливими є деякі відносні показники: коефіцієнт витягнутості форми, коефіцієнт рельєфності, коефіцієнт звивистості, масштабні коефіцієнти висот характерних точок рельєфу, які відіграють основну роль при вирішенні картографічних та інших топографо-геодезичних завдань в цілому, за їх особливостями визначається величина висоти перерізу тобто перевищення між характерними точками рельєфу [12, С. 169].

У різних інструкціях та положеннях з топографічної зйомки висоту перерізу рельєфу рекомендується визначати з урахуванням масштабу зйомки та найголовніших особливостей місцевості. При цьому враховується класична формула оцінки нормальної висоти перерізу у вигляді:

$$h = atg\nu,$$

де h – висота перерізу рельєфу; a – закладення, t – відстань між горизонталями на карті; ν – кут нахилу місцевості. Ця формула отримана на підставі геометричного зв'язку елементів аналога-

трикутника, хоча на фізичній поверхні Землі такі прямі лінії – дуже рідкісний випадок.

Способи визначення висоти перетину західноєвропейських країнах мають особливості. У Німеччині як основа для оцінки висоти перетину до цього часу використовується класична формула геометричного зв'язку сторін трикутника. Висотою перерізу або перерізом мається на увазі різниця цілих відміток двох сусідніх точок градуйованої проекції прямої. Інакше різниця відміток сусідніх горизонталей називається перетином площини. За висоту перерізу практично приймають величини 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 25; 50; 100 [4, С. 314].

Проблема визначення оптимальної висоти перерізу рельєфу є предметом досліджень і в інших країнах. Підходи, що використовуються зарубіжними вченими для визначення висоти перерізу мають аналогічний характер, і переважно співпадають з основами класичної формули підрахунку висоти перерізу. У більшості зарубіжних країн на топографічних картах того самого масштабу встановлюються не менше двох розмірів висот перерізу, а країнах з різноманітним характером рельєфу ця кількість сягає 3–4 і більше (Італія, США, Канада та інші) [15, С. 121]. При такому підході переходу до карти дрібнішого масштабу зі збільшенням висоти перерізу рельєфу відстані між горизонталями не змінюються, а відстані між рештою елементів (населені пункти, дороги тощо) різко зменшуються. Внаслідок цього створюється диспропорція у навантаженні карти з горизонталями та іншими елементами, і місцевість видається рівниною. Такий диференційований підхід не вимагає обґрунтування висоти перерізу рельєфу, що забезпечує допустимі похибки при розрахунках [7, С. 140].

До площ Земної поверхонь притаманні різноманітні форми розчленування рельєфу різної складності, включаючи геометрії чергування елементарних прогинів, перевищень та понижень. Оцінка площі рельєфу розглянута із залученням інтегральної функції розподілу та гіпсографічної кривої частот чергування висот рельєфу. Функція розподілу частоти чергування вершинних перевищень і знижень висот рельєфу місцевості виражається через теоретичну щільність розподілу як:

$$F(t) = f(t)dt.$$

Відповідно площа рельєфу по даній місцевості, обмеженою гіпсографічною кривою, що відображає характер розсіювання його висотних нерівностей за допомогою інтегральної функції, може бути представлена у вигляді:

$$S = \int_{t_{min}}^{t_{max}} f(t) dt ,$$

де $f(t)dt$ – є функцією щільності розподілу висот рельєфу.

Узагальнені формули визначення площі S_T з урахуванням густоти функції різної форми спеціальної моделі розподілу отримані у вигляді:

для симетричного типу розподілу висот:

$$S_{c.p} = \Phi_0 \int_0^{t_{max}} \frac{1}{ch^2 \beta (t_i - t_{mo})} dt$$

для помірно асиметричних розподілів висот:

$$S_{ac.p} = \Phi_0 \int_0^{t_{max}} \frac{1}{ch \beta (t_i - t_{mo})} dt,$$

для радіального вкрай асиметричного типу розподілу висот:

$$S_{p.ac} = \Phi_0 \int_0^{t_{max}} e^{-m(t_i - t_{mo})} dt,$$

де β , m – теоретичні параметри спеціальної моделі розподілу; t_{mo} – мода ознаки t_i ; Φ_0 – модальна частота ознаки рельєфу.

Аналогічно для показового розподілу висот рельєфу маємо:

$$S_{m.p} = A \int_0^{t_{max}} e^{-\lambda t} dt.$$

Для нормального розподілу площа, оконтуреною гіпсографічною кривою цього розподілу та її проекцією на горизонтальну площину дорівнює:

$$S_{лог} = \frac{nM}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_{max}} \frac{1}{t} e^{-\frac{(\lg t - t)^2}{2\beta^2}} dt,$$

де A , λ – теоретичні параметри показового розподілу; β – теоретичний параметр нормального розподілу; n – число

спостережень, $M = 0,431$.

Наведені формули визначення площ може бути приведені в робочі види при подальшому їх перетворенні.

Аналітичні оцінки визначення площі S_T оконтуреною гіпсографічною кривою та її горизонтальною проекцією в умовах радіальних асиметричних форм розподілу висот при перетворенні їх отримані у вигляді:

$$\begin{cases} S_T^c = \frac{\Phi_0}{m} [1 - e^{-m(t_{max}-t_{mo})}] \\ S_T^n = A\lambda(1 - e^{-\lambda t_{max}}) \end{cases}$$

Аналітична оцінка площі оконтуреної кривої, що обгинає вершинних висот рельєфу та довжиною його проекції, обґрунтована на використанні структурно-кореляційного аналізу та отримана у вигляді:

$$S_3 = \frac{L_t}{2} (1 - e^{KV_t}) \times d, \text{ м}^2,$$

де $(1 - e^{KV_t})$ горизонтальної проекції гіпсографічної кривої чергування висотних висот рельєфу на площині, м; V_t – показник коливання чергування вершинних висот рельєфу; K – статистичний коефіцієнт; d – середнє значення вершинних висот (перевищень) рельєфу, м.

Із залученням формул функції розподілу та розрахункового значення площі ми можемо скласти базову аналітичну формулу у вигляді:

$$\int_0^{t_{max}} f(t) dt = \frac{d}{2} (1 - e^{KV_t}) L_t.$$

Для помірно асиметричних видів розподілів, що описує спеціальною моделлю та радіальних асиметричних видів розподілу, що описує показовим розподіл, базова формула площ набуває вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{\Phi_0}{m} [1 - e^{-m(t_{max}-t_{mo})}] &= \frac{d_i}{2} (1 - e^{K_i V_i}) L_{t_i}; \\ A \times \lambda (1 - e^{-\lambda t_{max}}) &= \frac{d_j}{2} (1 - e^{K_j V_j}) L_{t_j}. \end{aligned}$$

Зв'язки теоретичних параметрів розподілу та показника геометричної коливання Vt та середнього значення (d) вершинних висот рельєфу для видів розподілів представлені у вигляді:

$$\begin{cases} \frac{V^i}{T} = \omega_i(T_c), \\ T_i = f(L_i, m, t_{mo}) \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{V^j}{T} = \omega_j(T_i), \\ T_j = f(L_j, A, \lambda) \end{cases}$$

де V^i/T , V^j/T , d_i , d_j – показники геометричної коливання та середні значення вершинних висот рельєфу відповідно по i -ій та j -ій місцевості, вершинні висоти, які описуються спеціальною моделлю та показовими розподілами; ω_i , ω_j – емпіричні коефіцієнти пропорційності, що визначаються для конкретних умов рельєфу.

Оцінка нерівностей показує, що зв'язки параметрів статистичного розподілу топографічної ознаки та показників морфометрії рельєфу носять багато-параметричний та різнозначний характер. Для структуроутворюючих показників зв'язку використані теоретичні параметри розподілу, геометричні коливання, протяжність та середнє значення вершинних висот рельєфу.

Аналіз отриманих аналітичних оцінок дозволяє сформулювати наступну формулу:

$$S = \int_{t_{min}}^{t_{max}} f(t) dt.$$

Між середнім значенням, геометричним показником коливання та теоретичними параметрами розподілу вершинних висот рельєфу існує тісний взаємозв'язок; розмірні елементи розчленування елементарних поверхонь рельєфу можна підрахувати із залученням теоретичних параметрів статистичного розподілу вершинних висот рельєфу [9, С. 196].

Залежність між параметрами статистичного розподілу головної морфометричної ознаки та геометричного розчленування рельєфу дозволяє підвищити достовірність та ефективність результатів

прогнозу, розрахунків та освоєння земельних ресурсів при їх використанні у різних сферах проектування та експлуатації.

У відомих способах визначення висоти перерізу топографічних поверхонь класичною основою виступають показники масштабу, ухилу та закладання; присутні емпіричні аналоги між масштабами графіків, кутами нахилу та величинами закладення, що відображають геометрії геоознаків по земних ділянках; методичної основою аналітичних оцінок визначення висоти перерізу топографічних поверхонь по об'єктах георесурсів є положення графоаналітичних і статистичних підходів та структурного аналізу, що дає можливість підвищити диференційованість та достовірність оцінки висот перерізу рельєфу [3, С. 260].

Рекомендована методика ґрунтується на концепції визначення диференційованих розмірів висоти перерізу рельєфу шляхом використання основних інформативних і геоіндикаторних показників поширення висот рельєфу території, якими забезпечується облік морфометричних особливостей характерних елементів поверхні рельєфу.

Сутність методики полягає в обґрунтуванні ефективних значень висоти перерізу рельєфу за встановленими диференційованими структурними ділянками морфометричного поля рельєфу, що представляють три окремі множини фактичних значень вершинних висот рельєфу по даній місцевості. При цьому враховано, що рельєф місцевості як морфометричне поле висот є прихованою поверхнею топографічного порядку, яка розкривається лише у певних ділянках зі значеннями випадкового характеру площі.

Для виділення різних частин поля аналогічно визначенню поверхневого тренду по морфометричному полю доцільним є використання головних геоіндикаторних характеристик. Такими специфічними характеристиками висот рельєфу є: модальне значення і амплітудна коливання висот рельєфу, які реально відображають просторово-статистичні закономірності, властиві морфометрії рельєфу. Притаманні їм властивості: геоіндикаторна виділеність, функціональний зв'язок з основними морфометричними ознаками рельєфу, висока інформомісткість та достовірність відображення генетичних особливостей та закономірності розподілу ознаки, що впливають із самої просторово-статистичної сутності та їх призначення [6, С. 135].

Базовою основою диференціації висоти перерізу рельєфу служить концепція геометричного поділу морфометричного поля висот на окремі структурні частини, що відрізняються за абсолютними значеннями висот. Сутність диференціації зводиться до поділу очікуваних розмірів висоти перерізу рельєфу на три базові рівні: головний рівень висот просторово описуваний модальною висотою перерізу; другий рівень представлений частинами поля, на яких значення висоти перерізу нижче модальної висоти; третій рівень представлений частинами поля, на яких значення висоти перерізу вище модальної висоти. Цим самим виділяються три основні оптимізовані розміри висоти перерізу, що геометризуються через модальне, нижче за модальне і вище модального значення висот рельєфу. Тут модальна висота відіграє роль природного структурного вузлового параметра рельєфу і виступає як загальний просторово-статистичний критерій, що розділяє морфометричні поля на окремі структурні частини, виходячи з абсолютних значень вершинних висот та їх коливання в просторі рельєфу. Ці три диференційованих ділянки морфометричного поля рельєфу служать структурними об'єктами, за якими встановлюються відповідно три диференційованих значення висоти перерізу рельєфу місцевості [13, С. 239].

Реалізація та конкретне застосування методики визначення диференційованої висоти перерізу рельєфу містить наступний технологічний порядок, що включає наступні етапи: перший етап – вивчення геометрії об'єкта, що вивчається, та визначення типу морфометричного поля, оцінки складності рельєфу місцевості; другий етап – оцінка виду статистичного розподілу та визначення модального значення за статистичними характеристиками розташування фактичних висот рельєфу місцевості; третій етап – розрахунок раціональних диференційованих висот перерізу рельєфу місцевості, визначення масштабу, показників обліку геометричного коливання та перших різниць у межах конкретної протяжності земної поверхні по ділянці місцевості, що досліджується.

За результатами одержаними цими трьома етапами проводиться реалізація методики. Технологічний порядок реалізації методики включає базовий етап проведення горизонталей. Початковий етап є базовим та відправним, при якому здійснюється проведення головної горизонталі – допоміжної горизонталі поверхнею рельєфу. Головна горизонталь проводиться за

модальним значенням висот рельєфу, у якому охоплюється щонайменше 40–50% всіх значень висот рельєфу. Це підтверджує те, що статистичні розподіли висот рельєфу описуються вкрай асиметричним радіальним типом розподілу, де модальні значення займають понад 50% від усіх множин значень висот рельєфу. Висока інформативність та потенційна достовірність виявлення, властивих до моди висот, дозволяє горизонталь, що проходить через його значення, яку можна вважати головною горизонталлю поверхні рельєфу.

Висновки. Отже, методика визначення висоти перерізу рельєфу дозволяє диференціацію її розмірів по ділянках земної поверхні, що дискретно виділяються, чим забезпечуються точність і оптимальність параметрів топографічних карт і планів. Методика містить аналітичні оцінки визначення диференційованих розмірів висоти перерізу рельєфу, структуроутворюючими вихідними параметрами яких є головні природні просторово-статистичні характеристики морфометричного поля земної поверхні; концепція використання модальної характеристики та амплітудної коливання розміщення висот рельєфу з урахуванням масштабу.

Встановлено, що найбільш поширеними точними характеристиками достовірності результатів оцінки висоти перерізу рельєфу залишаються показники середньоквадратичної похибки, арифметичного середнього, випадкової похибки, а також похибки інтерполювання, стандарт похибки вимірювань, помилки узагальнення. В результаті нашого дослідження доведено, що, основні вимоги до диференціації розмірів висот перерізу залежать від точності підрахунку обсягу земляних робіт та інших проектно-вишукувальних робіт

На нашу думку, відстань між горизонталями має забезпечувати наочність; – висота перерізу топографічної функції має відповідати показникам вихідних даних та заданим кордонам; в основу вибору перерізу топографічної поверхні має бути покладена вимога відповідності ступеня вивченості функції та точності зображення; для оцінки величини висоти перерізу не обов'язково користуватися лише однією розрахунковою формулою та приймати рівні її розміри однією величиною.

Практична цінність та реалізація дослідження полягає у ефективності запропонованих методів раціональної методики

визначення висоти перерізу топографічної поверхні в умовах місцевостей зі складним рельєфом. Також матеріали дослідження можуть бути використані управлінськими структурами, проектними та науково-дослідними організаціями та іншими установами, пов'язаними з проблемами обліку земельних ресурсів, природокористування, захисту довкілля, розміщення та територіальної організації виробництва.

1. Білокриницький С. М. Топографія і геодезія : метод. посібник. Чернівці : Рута, 2001. 64 с. **2.** Божок А. П. Топографія з основами геодезії : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 275 с. **3.** Карпик А. П. Методологічні та технологічні засади геоінформаційного забезпечення територій : монографія. Київ : Надра. 2004. 260 с. **4.** Курманшкіна А. О., Оспанов С. Р. Кваліметричні засади сучасної картографії. Теорія та методи : монографія. Київ : Науковий Проспект, 2022. 314 с. **5.** Лісицький Д. В. Основні засади цифрового картографування місцевості : навч. посіб. Київ : Надра. 2020. 259 с. **6.** Малигін Д. О. Особливості поширення морфометричних ознак рельєфу в різних регіонах України : монографія. Київ : Пронікс. С. 135–134. **7.** Міхно П. Б. Проблеми застосування традиційних інженерно-геодезичних технологій в Україні в сучасних умовах. *Технічні та економічні рішення з протидії глобальним викликам* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (17–20 вересня 2020 р., Кременчук). Кременчук : Колос, 2020. С. 150–154. **8.** Неумивайкін Ю. К. Обґрунтування точності топографічних зйомок для проектування : навч.-метод. посіб. Київ : Надра, 2020. 159 с. **9.** Ніколаєв С. А. Закономірності будови рельєфу : навч. посіб. Київ : Геодезист, 2020. 196 с. **10.** Оміржанова Ж. Т. Імовірно-статистична оцінка розподілу регуляційних параметрів в умовах складно-рельєфної місцевості : монографія. Київ : Надра, 2019. С. 140–145. **11.** Опанасенко А. В. Методи визначення висоти перерізу рельєфу : посіб. Київ : Наукова думка, 2021. 127 с. **12.** Полоний В. О. Зв'язки параметрів статичного розподілу морфометричних ознак та геометричних елементів розчленування рельєфу : монографія. Київ : Освіта, 2018. С. 169–171. **13.** Сиздикова Г. Д. Способи оцінки висоти перерізу ізотопографічних поверхонь об'єктами георесурсів : монографія. Київ : Надра, 2022. С. 239–245. **14.** Шарапов І. П. Функція розподілу висот рельєфу : посіб. Київ : Думка, 2022, С. 72–79. **15.** Holtzheimer P., Huxhold W. E. An Introduction to GBF/DIME. Computers and Planning. *An Introduction to Urban GIS*. New York : Oxford University Press, 2021. P. 121–122.

REFERENCES:

1. Bilokrynytskyi S. M. Topohrafiia i heodeziia : metod. posibnyk. Chernivtsi : Ruta, 2001. 64 s.
 2. Bozhok A. P. Topohrafiia z osnovamy heodezii : pidruchnyk. Kyiv : Vyshcha shkola, 1995. 275 s.
 3. Karpik A. P. Metodolohichni ta tekhnolohichni zasady heoinformatsiinoho zabezpechennia terytorii : monohrafiia. Kyiv : Nadra. 2004. 260 s.
 4. Kurmanshkina A. O., Ospanov S. R. Kvalimetrychni zasady suchasnoi kartohrafi. Teoriia ta metody : monohrafiia. Kyiv : Naukovyi Prospekt, 2022. 314 s.
 5. Lisytskyi D. V. Osnovni zasady tsyfrovoho kartohrafuvannia mistsevosti : navch. posib. Kyiv : Nadra. 2020. 259 s.
 6. Malyhin D. O. Osoblyvosti poshyrennia morfometrychnykh oznak reliefu v riznykh rehionakh Ukrainy : monohrafiia. Kyiv : Proniks. S. 135–134.
 7. Mikhno P. B. Problemy zastosuvannia tradytsiinnykh inzhenerno-heodezychnykh tekhnolohii v Ukraini v suchasnykh umovakh. *Tekhnichni ta ekonomichni rishennia z protydii hlobalnym vyklykam* : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (17–20 veresnia 2020 r., Kremenchuk). Kremenchuk : Kolos, 2020. S. 150–154.
 8. Neumyvaikin Yu. K. Obgruntuvannia tochnosti topohrafichnykh ziomok dlia proektuvannia : navch.-metod. posib. Kyiv : Nadra, 2020. 159 s.
 9. Nikolaiev S. A. Zakonomirnosti budovy reliefu : navch. posib. Kyiv : Heodezyst, 2020. 196 s.
 10. Omirzhanova Zh. T. Imovirno-statystychna otsinka rozpodilu rehuliatychnykh parametriv v umovakh skladno-reliefnoi mistsevosti : monohrafiia. Kyiv : Nadra, 2019. S. 140–145.
 11. Opanasenko A. V. Metody vyznachennia vysoty pererizu reliefu : posib. Kyiv : Naukova dumka, 2021. 127 s.
 12. Polonyi V. O. Zviazky parametriv statychnoho rozpodilu morfometrychnykh oznak ta heometrychnykh elementiv rozchlenuvannia reliefu : monohrafiia. Kyiv : Osvita, 2018. S. 169–171.
 13. Syzdykova H. D. Sposoby otsinky vysoty pererizu izotopohrafichnykh poverkhon ob'ektamy heoresursiv : monohrafiia. Kyiv : Nadra, 2022. S. 239–245.
 14. Sharapov I. P. Funktsiia rozpodilu vysot reliefu : posib. Kyiv : Dumka, 2022, S. 72–79.
 15. Holtzheimer P., Huxhold W. E. An Introduction to GBF/DIME. Computers and Planning. *An Introduction to Urban GIS*. New York : Oxford University Press, 2021. P. 121–122.
-

Sovhyra S. V., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Turchyna K. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

IMPROVING METHODS OF GEODESIC ASSESSMENT OF MORPHOMETRIC ELEMENTS OF THE TOPOGRAPHIC BASIS OF A COMPLEX RELIEF LOCATION

The article deals with the practical aspects of improving methods of geodetic assessment of morphometric elements of the topographical basis of terrain with complex relief. It has been proven that an urgent task today is the development of a methodology for determining the elevations of a relief section by using informative and geoinformative characteristics, which ensures the accuracy and optimality of the parameters for drawing up topographic maps and plans. It has been established that the use of the geoinformation mapping method, in the conditions of areas with complex terrain, will provide users with the necessary information with a high degree of updating and accuracy.

This research proves that the use of modern devices of systems for fixing details of the earth's surface relief, the creation of the latest software products and technical solutions for digitizing data obtained during reconnaissance work make it possible to create information banks of unlimited volume, to form repositories for data arrays of measurements with multiple protection against loss of information of digital terrain models.

It has been established that the existing methods aimed at studying complex relief and determining the rational height of the relief cross-section necessitate the improvement or development of new methods for determining the optimal heights of the relief cross-section, thereby representing a certain scientific interest.

It is appropriate to use the method of choosing the optimal size of the relief cross-section based on the model representation of the patterns of changes in its values in a given range, depending on the degree of variability of the elementary heights of the relief

irregularities using the statistical criterion of efficiency and composite probability distribution.

It is obvious that the empirical distributions of relief heights in areas of different complexity are described by different forms of the hypsographic distribution curve. At the same time, the empirical distribution of the relief heights of the flat area is described by the unimodal symmetrical relief height of the area.

***Keywords:* geodetic works; geodetic assessment; morphometric elements; relief section; topographic-geodetic research; complex terrain; topographic maps and plans; geo-informational mapping.**

Клименко М. О., д.с.-г.н. професор, Клименко О. М., д.с.-г.н. професор, Янковська А. Ю., здобувач вищої освіти (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, m.o.klimenko@nuwm.edu.ua, o.m.klimenko@nuwm.edu.ua, yankovska_p22@nuwm.edu.ua)

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СЦЕНАРІЇВ, СТРАТЕГІЧНИХ І ОПЕРАЦІЙНИХ ЦІЛЕЙ РОЗВИТКУ ГОРОДОЦЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ РАДИ

У статті викладені матеріали SWOT-аналізу Городоцької сільської ради та оцінки станів соціальної, економічної, екологічної сфер громади за кількісними та якісними показниками.

Показники слабких сторін і загроз для розвитку сільської ради включали: у соціальній сфері – перевищення смертності над народжуваністю, недостатній рівень розвитку освіти, медицини, культури, спорту та інженерної інфраструктури (1,8 бали); в економічній сфері – недостатню кількість фермерських господарств і підприємств переробки сільськогосподарської продукції, сповільнені темпи росту малого бізнесу, високий рівень безробіття, відтік робочої сили (2,2 бали); в екологічній сфері – незадовільну якість питної води, відсутність централізованого водопостачання та водовідведення, деградацію ґрунтів і зростання ризиків забруднення атмосферного повітря та сільськогосподарської продукції (1,7 балів шкали від 1 до 5).

Перераховані природні переваги, загальні переваги, унікальні переваги та можливості розвитку сільської ради, а також здійснений вибір стратегій розвитку громади через створення умов для зростання рівня життя населення, створення конкурентної ефективної економіки та екологічно безпечних поселень сільської ради за рахунок покращення в них екологічної ситуації. Надається інформація вибору сценаріїв розвитку громади, а саме: інерційного, песимістичного, оптимістичного. Наголошується, що вказані сценарії формуються на підставі припущень, що вплив зовнішніх сил і внутрішніх факторів на розвиток сільської ради тривалий час буде залишатися незмінним.

Здійснено формулювання стратегічного бачення Городоцької сільської ради як перетворення її на розвинене інноваційно-

орієнтоване, промислово-аграрне, економічно-безпечне поселення, яке задовольняє зростаючі матеріальні та духовні потреби населення, забезпечує досягнення високих соціальних стандартів життя громади, сталий економічний розвиток, який забезпечує раціональне екологічно безпечне господарювання та високоефективне і збалансоване використання природних ресурсів, створення сприятливих умов для здоров'я людини та збереження і відтворення навколишнього природного середовища.

Наводиться зміст трьох стратегічних цілей, а саме: «Розвиток людського капіталу, високі соціальні стандарти», до складу якої входить три операційні цілі; «Економічний розвиток території», до складу якої входять чотири операційні цілі; «Екологічна безпека території», до складу якої входить дві операційні цілі.

***Ключові слова:* сільська рада; розвиток; стратегія; стратегічне бачення; стратегічні цілі; операційні цілі.**

Постановка проблеми. Надзвичайно важливою та актуальною проблемою сьогодення залишається та, що безпосередньо пов'язана із забезпеченням розвитку соціо-економіко-екологічних систем на рівні регіонів, районів, міст, об'єднаних громад і сільських рад. Саме сталий розвиток, а не зростання станів соціальної, економічної, екологічної сфер є пріоритетною метою та особливим завданням цих суб'єктів управління для досягнення рівноваги у кількісних і якісних змінах і зрушеннях у цих сферах.

Основними причинами, що зумовили перехід держав на сталий розвиток, стали: повсемісне суттєве погіршення стану довкілля під впливом стрімкого розвитку виробничих сил; швидке зростання чисельності населення; збільшення навантаження на екосистеми; глобальна економічна нестабільність; виснаження ресурсного потенціалу; використання енергоємних, матеріалоємних технологій з накопиченням відходів [1–4].

Для умов України особливої гостроти набуває проблема розвитку об'єднаних громад, сільських рад на засадах сталого розвитку, що буде сприяти поліпшенню добробуту населення, економічному зростанню, збереженню довкілля, соціальної мобілізації, якісному покращенню місцевого самоврядування, підвищенню довіри до влади та встановленню ефективної співпраці між громадянами та органами влади вищих рівнів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню визначення поняття розвиток соціо-економіко-екологічних систем присвячені чисельні дослідження А. Ковальчевської [5], С. Мочерного [6], М. Афанасьєва [7], З. Варналія [8], З Герасимчук, І. Вахович [9], в яких стверджується, що розвиток є процесом досягнення рівноваги між соціальною, економічною та екологічною сферами. При цьому соціальна сфера має бути зорієнтована на людський розвиток, збереження стабільності та зменшення конфліктів у громаді; економічна сфера має бути націлена на збалансоване використання обмежених ресурсів і застосування природо-енерго-матеріалозабезпечених технологій для створення сукупного доходу; екологічна сфера має забезпечувати цілісність біологічних і фізичних природних систем, їх життєздатність [1].

Поряд із цими науковими публікаціями відомі наукові праці присвячені принципам і завданням розробки стратегій сталого розвитку місцевих громад, особливостям, етапам розробки їх стратегій сталого розвитку та обґрунтуванню пріоритетів їхнього розвитку [10–12]. Однак, незважаючи на значний обсяг публікацій із досліджуваної тематики, залишаються недостатньо розроблені питання вибору сценаріїв, стратегічних і операційних цілей розвитку для конкретних об'єднаних громад, сільських рад із врахуванням вимог Національних екологічних цілей [13]. Важливість окресленої проблеми зумовила вибір теми досліджень.

Мета роботи полягала в обґрунтуванні вибору сценаріїв, стратегічних, операційних цілей розвитку Городоцької сільської ради (СР). Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань: аналіз сценаріїв розвитку СР; обґрунтування стратегічних і операційних цілей сталого розвитку Городоцької СР.

Об'єкт дослідження – процеси, що протікають у соціо-економіко-екологічній системі сільської ради.

Предмет дослідження – показники, які характеризують стан соціальної, економічної, екологічної сфер сільської ради.

Методи досліджень. При проведенні досліджень використовувались методи: SWOT-аналізу, аналізу, порівнянь, узагальнень.

Виклад основного матеріалу досліджень. SWOT-аналізом шляхом опитування представників органів місцевої влади, бізнесу, громадськості та науки була здійснена кількісна і якісна оцінка станів соціальної, економічної та екологічної сфер СР. За середньоарифметичними оцінками найнижчий бал 1,7 отримала

екологічна сфера. Соціальна сфера оцінюється балом 1,8, а економічна сфера – балом 2,2, що свідчить про наявність у СР критичних слабких сторін, суттєвих загроз, що стримує її розвиток на даний час (табл. 1).

Таблиця 1

Оцінювання індикаторів соціальної, економічної, екологічної сфер СР

Назва сфер	Показники слабких сторін розвитку СР	Бали (середньо-арифметичне)
Соціальна	Перевищення смертності над народжуваністю. Недостатній рівень розвитку соціальної (освіта, медицина, культура, спорт) та інженерної інфраструктури СР	1,8
Економічна	Недостатня кількість фермерських господарств та підприємств зберігання і переробки с/г продукції. Недостатня динаміка росту малого бізнесу. Високий рівень безробіття, відтік робочої сили у м. Рівне та до країн ЄС	2,2
Екологічна	Незадовільна якість питної води, відсутність централізованого водопостачання, погіршення стану водних об'єктів. Деградація ґрунтів, лісових насаджень. Зростання ризиків забруднення повітря, с/г продукції	1,7

Примітка: бали (у шкалі від 1 до 5), отримані у процесі опитування респондентів.

Одночасно SWOT-аналіз та оцінювання стану розвитку СР респондентами засвідчує, що для набуття сталості соціально-економіко-екологічної системи Городоцької СР, а саме: збалансованості, гармонійності, стабільності, безпеки чинне місце слід віддати конкурентоспроможності, сумісною з якою є активізація потенційних можливостей громади нарощувати та ефективно використовувати конкурентні переваги у кожній сфері для забезпечення їх сталого розвитку, а також впровадження нових досягнень науки і техніки у виробництво, соціальну сферу та довкілля. При цьому слід наголосити, що особливістю конкурентоспроможності СР є забезпечення, насамперед, саморозвитку її соціо-економіко-екологічних сфер (рис. 1).

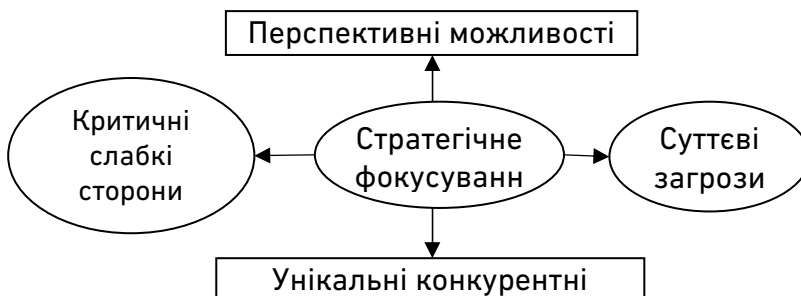


Рис. 1. Ключові елементи стратегічного фокусування

Як видно з рис. 1, переваги СР класифікувались як: природні, загальні, унікальні. При цьому природні переваги пов'язують із факторами, які створені природою, а не людьми. Загальні переваги пов'язують із соціально-економічними факторами, які є результатом діяльності людини, але вони можуть існувати в інших сільських радах або громадах.

Заслужують на особливу увагу унікальні переваги, які відрізняють сільську раду від інших і не можуть бути легко скопійовані іншими. Зазвичай вони поєднують між собою як природні, так і загальні переваги.

Порівнюючи й аналізуючи переваги, які сільська рада має в порівнянні з іншими, ми робимо певні висновки щодо стратегічних напрямків, можливих стратегій і пріоритетів у сферах її розвитку.

Результати стратегічного фокусування СР представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати стратегічного фокусування Городоцької сільської ради

Природні переваги	Загальні переваги	Унікальні переваги
1. Розташування поблизу обласного центру. 2. Наявність орних земель. 3. Наявні відносно чисті водні об'єкти (річка, стави, потічки, джерела). 4. Наявність площ ПЗФ та земель, придатних для	1. Наявність на території СР закладів освіти, медицини, культури та спорту, культурного, патріотичного і духового середовища. 2. Наявність пам'яток історії, культури, монастирів і церков. 3. Наявність діючих підприємств, фермерських	1. Наявність високотехнологічного виробництва, створений індустріальний парк, впровадження антикризових інструментів розвитку громади у воєнний та післявоєнні періоди

лісорозведення (водоохоронні зони, лісозахисні смуги, яруги). 5. Наявність запасів торфу	господарств. 4. Забезпечується соціальний захист населення.	
---	---	--

Можливості (найбільші перспективи):

- 1) перехід до відновлювальних джерел енергії;
- 2) створення ефективної системи поводження з відходами;
- 3) розвиток індустріального парку, залучення іноземних інвесторів для створення спільних підприємств виготовлення продукції, товарів з доданою вартістю, вирощування органічної продукції, застосування антикризових інструментів місцевого економічного розвитку в умовах воєнного і післявоєнного періодів;
- 4) просування природної, культурної, релігійної спадщини як частини міжрегіональної туристичної пропозиції;
- 5) створення екологічно безпечного поселення;
- 6) просування концепції навчання впродовж життя.

Вибір стратегічних акцентів:

- 1) створення конкурентної ефективної економіки, що базується на основі наявних у СР сильних сторонах, інноваціях, інвестиціях, еко-безпечних технологіях в окремих галузях промисловості, фермерських господарствах та на засадах їх сталого розвитку;
- 2) зростання рівня життя населення СР, зменшення соціальної напруги, поліпшення демографічної ситуації, підвищення патріотичного, духовного та культурного рівнів життя населення;
- 3) створення екологічно безпечних поселень у СР за рахунок покращення в них екологічної ситуації, збереження безпечного та комфортного і сприятливого для населення життя і здоров'я навколишнього природного середовища;
- 4) стратегічне управління територією з наявною інфраструктурою, що зберігає природну та культурну спадщину;
- 5) готовність переводити розвиток СР на сталий розвиток її соціально-економіко-екологічної системи.

Серед вибірки сценаріїв розвитку територіальної громади визначається найбільш імовірний варіант розвитку СР на визначений період. Сценарій описує послідовність часового та просторового розвитку СР, котрий ґрунтується на припущеннях, аналізі кількісних та якісних статистичних показників, SWOT-аналізі,

соціо-еколого-економічних прогнозах тощо.

Інерційний сценарій розвитку СР реалізується за умов, коли баланс зовнішніх і внутрішніх факторів впливу на стан соціо-економіко-екологічної системи СР залишається незмінним, тобто стани соціальної, економічної, екологічної підсистем залишаються незмінними або змінюються суперечливо і навіть з погіршенням їх кількісних показників за інерцією: сільська рада розвивається по інерції, соціально-економіко-екологічний розвиток регіону, держави не сприяють розвитку СР.

Передбачувані припущення реалізації інерційного сценарію зводиться до:

1) створення СР дозволило сформувати позитивний бюджет для всієї громади, має місце зростання доходів бюджету, з'являються кошти на стабілізацію окремих депресивних населених пунктів, покращення об'єктів інфраструктури, збереження довкілля та розвиток економіки громади;

2) війна в Україні триває;

3) витрати державного бюджету на забезпечення потреб армії та розвиток оборонно-промислового комплексу збільшуються;

4) інвестиційний та підприємницький клімат у СР залишається незмінним з позитивним трендом, що зумовлює уповільнений розвиток економіки та розвитку соціальної сфери;

5) існує дисбаланс розвитку окремих населених пунктів СР, є загроза занепаду соціальних та інфраструктурних об'єктів, зниження доходів сільського населення;

6) зростають ризики погіршення демографічної ситуації окремих населених пунктів;

7) відсутність стратегії не сприяє створенню синергетичного ефекту від модернізації економіки, аграрного сектору, покращення соціальної сфери і стану довкілля;

8) зростають ризики деградаційних процесів компонентів навколишнього природного середовища (атмосферне повітря, ґрунти, водні ресурси);

9) на стадії формування громада ще не має вираженої ідентичності, а рівень її визнання в регіоні та в Україні поки що невисокий;

10) стан інвестиційного та підприємницького клімату в громаді залишається незмінним;

11) поступове зниження рівня купівельної спроможності

населення продовжується;

12) створення СР призвело до деякого покращення реальної бюджетної забезпеченості;

13) чинне законодавство України дозволяє використовувати кошти СР для підтримання об'єктів інфраструктури.

Результат інерційного сценарію:

1) Демографічна ситуація наступних років залишатиметься незмінною, що призведе до погіршення ситуації в сільських територіях громади, окрім цього, вікова структура населення буде змінюватись відносно скорочення працездатного населення та зростання кількості людей похилого віку, що збільшить навантаження на трудову активність населення;

2) на території СР спостерігається позитивний рух у соціо-економічному розвитку;

3) на території СР може статися загострення екологічної ситуації та збільшення впливу негативних екологічних факторів, що може призвести до порушення екологічної безпеки населення.

Оптимістичний сценарій базується на припущеннях, за яких створюються найсприятливіші зовнішні (міждержавні і національні) та внутрішні (перехід регіону на засади сталого розвитку) і наявні у СР потенційно можливі фактори впливу: сільська рада спрямовує свої зусилля на подолання відсталості економічних процесів, підвищення рівня життя населення, покращення стану навколишнього середовища та удосконаленням системи управління сталим розвитком СР; передбачається впровадження нових прогресивних, екобезпечних технологій, нових видів товарів, продукції з додатковою вартістю, активне сприяння отриманню синергетичного ефекту від збалансованого розвитку соціальної, економічної та екологічної сфер СР.

Передбачуваний оптимістичний сценарій зводиться до:

1) війна в Україні закінчується, воєнний стан відміняється, є можливість впроваджувати антикризові інструменти місцевого соціо-еколо-економічного розвитку території СР;

2) системні реформи сприяють прискореному розвитку держави на засадах сталого розвитку;

3) податкова реформа сприяє виведенню бізнесу із тіні;

4) інвестиційна привабливість регіону та СР суттєво покращується, формуються економічні кластери, розвивається

індустріальний парк, відбувається розвиток агропромислового комплексу з глибокою переробкою та з високою **доданою вартістю**;

5) добробут населення зростає, ризики неплатежів зменшуються;

6) сільська рада активно реалізує стратегію сталого розвитку на місцевому рівні, що зводиться до наступного, а саме:

6.1) формує свій імідж як екологічно безпечного поселення, яке стає інноваційно привабливою територією;

6.2) розробляються привабливі інвестиційні пропозиції у сферах створення екобезпечних виробництв, переробки сільськогосподарської продукції;

6.3) сільська рада ефективно залучає та використовує державні субвенції, міжнародні та свої власні кошти на розвиток інфраструктури і покращення екологічного стану території СР;

6.4) модернізується та розширюється мережа закладів освіти, медицини і культури в межах СР;

6.5) сільська рада здійснює інвентаризацію земель, оцінює стан їх родючості і придатності для створення лісових насаджень, сільськогосподарського використання, створення рекреаційних зон та формує перелік привабливих інвестиційних пропозицій на інвестиційні ринки;

6.6) залучаються інвестори у галузі з високою доданою вартістю, формуються індустріальні парки та кластери;

6.7) активізується споживча економіка;

6.8) покращується демографічна ситуація та якість життя населення;

6.9) створюються базові планувальні документи СР.

Результат оптимістичного сценарію:

1) застосування антикризових інструментів допомагає сформуванню нового іміджу території, який приваблює інвестиції, як високотехнологічну та екологічно чисту. Завдячуючи успішній політиці місцевої та регіональної влади, громада залучає стратегічних інвесторів у пріоритетні галузі економіки та сільськогосподарства;

2) громада проводить інвентаризацію земель та формує портфель інвестиційних пропозицій, які активно просуває на інвестиційні ринки з метою приваблення інвесторів;

3) стратегічні інвестори, зокрема у галузях з високою доданою вартістю, поступово входять в громаду;

4) розвиток малого та середнього бізнесу активізується навколо стратегічних інвесторів, що заповнює логістично-послугову нішу;

5) рівень доходів населення зростає, що стимулює розвиток внутрішнього ринку;

6) проекти, які реалізуються в рамках Стратегії розвитку області, активізують економічне життя на сільських територіях.

Сільська рада позиціонує себе як інноваційно-орієнтований промислово-аграрний осередок, який за оптимістичного сценарію умов забезпечує: розвиток економічного потенціалу, підприємництва, сільськогосподарського виробництва та переробки; зростання рівня життя населення, зменшення соціальної напруги, поліпшення демографічної ситуації, підвищення духовного, патріотичного та культурного рівнів населення; покращення екологічної ситуації, збереження безпечного та сприятливого для населення життя і здоров'я довкілля.

Одночасно СР планує вирішувати проблеми екологічної безпеки території, а саме: соціальну, яка є наслідком антропогенної діяльності населення і у певній мірі загрожують умовам життєдіяльності громади; виробничо-технічну, яка обумовлюється виробничою діяльністю пов'язаною з негативними змінами у навколишньому середовищі; сільськогосподарську, від якої залежить вирішення сільськогосподарського виробництва (запобігання деградації земель, боротьба зі шкідниками, погіршення якості води у водних об'єктах, тощо); медичну проблему пов'язану із здоров'ям населення; природно-наукову, яка пов'язана з процесами, що протікають у біосфері; наслідки війни (електропостачання, загибелі жителів громади, соціальний захист ТПО).

Планується активне залучення позабюджетних коштів, та інвестицій для покращення інженерної та соціальної інфраструктури.

Формування стратегічного бачення розвитку СР здійснюється переважно «від майбутнього» (яке громада сприймає як «своє»), а також «від досягнутого» (на даний час) і воно має бути націленим на розв'язання лише декількох пріоритетів у розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер СР.

Стратегічне бачення. Перетворення Городоцької сільської ради на розвинене інноваційно-орієнтоване, промислово-аграрне, екологічно-безпечне поселення, яке задовольняє зростаючі

матеріальні та духовні потреби населення, забезпечує досягнення високих соціальних стандартів життя громади, сталий економічний розвиток, який забезпечує раціональне екологічно безпечне господарювання та високоефективне і збалансоване використання природних ресурсів, створення сприятливих умов для здоров'я людини та збереження і відтворення навколишнього природного середовища.

Формування Стратегічної місії розвитку СР здійснюється для більш повного врахування особливостей стану та специфіки розвитку її соціально-економіко-екологічної системи, що дозволяє знизити ризики обрання управлінських рішень і забезпечувати узгодження дій влади та громадськості на усіх етапах практичного втілення стратегії її сталого розвитку.

Стратегічна місія. Перетворення сіл сільської ради в екологічно-безпечне поселення, в яких функціонує промислово-аграрне маловідходне виробництво, налагоджено екобезпечне, заможне і комфортне життя населення, споживання екобезпечної продукції, якісної питної води, і які набувають ознак економічної самодостатності та енергетичної незалежності.

Стратегічні пріоритети, стратегічні та операційні цілі Сталого розвитку сільської ради. Визначені пріоритети забезпечують досягнення Стратегічного бачення майбутнього розвитку сільської ради та мають кількісні і якісні показники, якими будуть оцінюватися і вимірюватися результати її розвитку (рис. 2).

Стратегічні та операційні цілі сільської ради

Стратегічні цілі формулюють з врахуванням змісту Стратегічного бачення та визначених стратегічних пріоритетів. Вони встановлюють основні напрямки для досягнення бачення й ототожнюють кінцеві результати (кількісні і якісні), які повинні бути досягнуті до кінця стратегічного періоду (рис. 3).



Рис. 2. Пріоритети забезпечення досягнення Стратегічного бачення Городоцької СР

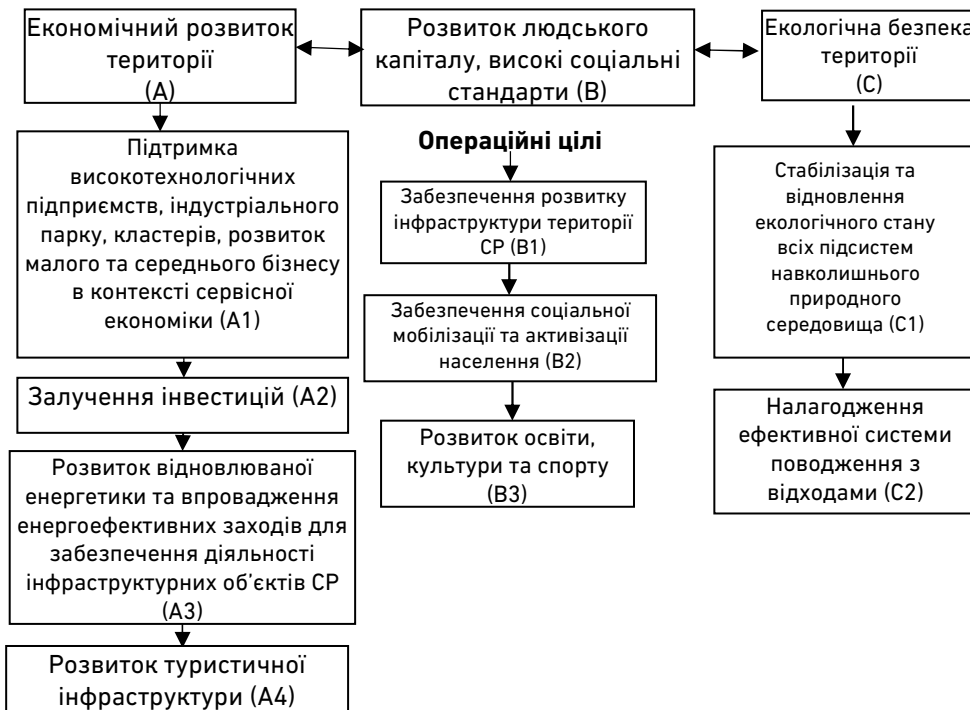


Рис. 3. Дерево цілей Городоцької СР

Стратегічні цілі були сформульовані на довгостроковий період, горизонт оперативних цілей є середньостроковим, а завдання – короткостроковим.

Перелік оперативних цілей та прикладних завдань до них представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Перелік оперативних цілей

Стратегічні цілі	Операційні цілі
А. Розвиток людського капіталу, високі соціальні стандарти	А.1. Забезпечення розвитку інфраструктури території СР
	А.2. Забезпечення соціальної мобілізації та активізації населення
	А.3. Розвиток освіти, культури та спорту
В. Економічний розвиток території	В.1. Підтримка високотехнологічних підприємств, індустриального парку, кластерів, розвиток малого та середнього бізнесу в контексті сервісної економіки
	В.2. Залучення інвестицій
	В.3. Розвиток відновлюваної енергетики та впровадження енергоефективних заходів для забезпечення діяльності інфраструктурних об'єктів СР
	В.4. Розвиток туристичної інфраструктури
С. Екологічна безпека території (поселення).	С.1. Стабілізація та відновлення екологічного стану всіх підсистем навколишнього природного середовища СР
	С.2. Налагодження ефективної системи поводження з відходами

Висновки

1. Городоцька сільська рада обирає оптимістичний сценарій розвитку, який базується на припущеннях, за яких створюються найсприятливіші зовнішні (міждержавні і національні) та внутрішні (перехід регіону на засади сталого розвитку) і наявні в СР потенційно можливі фактори впливу: громада спрямовує свої зусилля на подолання відсталості економічних процесів, підвищення рівня життя населення, покращення стану навколишнього середовища та удосконалення системи управління сталим розвитком СР; передбачає впровадження нових прогресивних, екобезпечних

технологій, нових видів товарів, продукції з доданою вартістю, активне сприяння отриманню синергетичного ефекту від збалансованого розвитку соціальної, економічної та екологічної сфер СР.

2. Стратегічні цілі розвитку Городоцької СР доцільно сформулювати в наступній редакції: «Розвиток людського капіталу, високі соціальні стандарти», яка включає три операційні цілі; «Економічний розвиток території», яка включає чотири операційні цілі; «Екологічна безпека територій», яка включає дві операційні цілі.

1. Ковалевська А. В., Зеленський С. В., Петрова Р. В. Стійкий розвиток міст: сутність поняття та передумови впровадження. *Соціальна економіка*. 2017. Вип. 53(1). С. 69–75. **2.** Гордєєв О. К. Забезпечення сталого місцевого розвитку: підходи, принципи, складові. *Державне будівництво*. 2012. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/DeBu_2012_2_45. (дата звернення: 10.08.2023). **3.** Мозговий А. А. Сталий розвиток міст: передумови та суперечності. URL: <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/148166/58-61.pdf?sequence=1>. (дата звернення: 10.08.2023). **4.** Гопцій Д. О. Наукові підходи до розуміння концепції сталого розвитку та напрями її використання при плануванні розвитку міст. URL: <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/464>. (дата звернення: 10.08.2023). **5.** Ковалевська А. В., Радченко Н. А. Концептуальні основи визначення соціально-економічного розвитку регіональної соціально-економічної системи. *Вісник соціально-економічних досліджень*. Одеса : ОДЕУ, 2010. Вип. 40. С. 359–364. **6.** Економічна енциклопедія / відповідальний редактор С. В. Мочерний. Київ : Видавничий центр «Академія», 2002. Т. 3. 952 с. **7.** Афанасьєв Н. В., Рогожкін В. Д., Рудика В. І. Управління розвитком підприємства : монографія. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2003. 184 с. **8.** Державна регіональна політика України: особливості та стратегічні пріоритети : монографія / за ред. З. С. Варналія. К. : НІСД, 2007. 820 с. **9.** Герасимчук З. В., Вахович І. М. Організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії розвитку регіону : монографія. Луцьк : ЛДТУ, 2002. 248 с. **10.** Клименко М. О., Клименко О. М., Клименко Л. В. Сталий розвиток місцевих громад : підручник. К. : Видавничий дім «Кондор», 2018. 296 с. **11.** Теоретичні основи сталого місцевого розвитку, орієнтованого на громаду / за заг. ред. Ю. М. Петрушенка. Суми : Університетська книга, 2013. 354 с. **12.** Клименко М. О., Клименко О. М., Клименко Л. В. Стратегія сталого розвитку регіону : підручник. К. : Видавничий дім «Кондор», 2021. 312 с. **13.** Про основні засади (стратегію)

державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>. (дата звернення: 10.08.2023).

REFERENCES:

1. Kovalevska A. V., Zelenskyi S. V., Petrova R. V. Stiikiy rozvytok mist: sutnist poniattia ta peredumovy vprovadzhennia. *Sotsialna ekonomika*. 2017. Vyp. 53(1). S. 69–75.
2. Hordieiev O. K. Zabezpechennia staloho mistsevoho rozvytku: pidkhody, pryntsyipy, skladovi. *Derzhavne budivnytstvo*. 2012. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/DeBu_2012_2_45. (data zvernennia: 10.08.2023).
3. Mozghovyi A. A. Stalyi rozvytok mist: peredumovy ta superechnosti. URL: <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/148166/58-61.pdf?sequence=1>. (data zvernennia: 10.08.2023).
4. Hoptsii D. O. Naukovi pidkhody do rozuminnia kontseptsii staloho rozvytku ta napriamy yii vykorystannia pry planuvanni rozvytku mist. URL: <http://dSPACE.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/464>. (data zvernennia: 10.08.2023).
5. Kovalevska A. V., Radchenko N. A. Kontseptualni osnovy vyznachennia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku rehionalnoi sotsialno-ekonomichnoi systemy. *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*. Odesa : ODEU, 2010. Vyp. 40. S. 359–364.
6. Ekonomichna entsyklopediia / vidpovidalnyi redaktor S. V. Mochernyi. Kyiv : Vydavnychiy tsentr «Akademiia», 2002. T. 3. 952 s.
7. Afanasiev N. V., Rohozhkin V. D., Rudyka V. I. Upravlinnia rozvytkom pidpriemstva : monohrafiia. Kharkiv : VD «INZhEK», 2003. 184 s.
8. Derzhavna rehionalna polityka Ukrainy: osoblyvosti ta stratehichni priorytety : monohrafiia / za red. Z. S. Varnaliia. K. : NISD, 2007. 820 s.
9. Herasymchuk Z. V., Vakhovych I. M. Orhanizatsiino-ekonomichnyi mekhanizm formuvannia ta realizatsii stratehii rozvytku rehionu : monohrafiia. Lutsk : LDTU, 2002. 248 s.
10. Klymenko M. O., Klymenko O. M., Klymenko L. V. Stalyi rozvytok mistsevykh hromad : pidruchnyk. K. : Vydavnychiy dim «Kondor», 2018. 296 s.
11. Teoretychni osnovy staloho mistsevoho rozvytku, oriientovanoho na hromadu / za zah. red. Yu. M. Petrushenka. Sumy : Universytetska knyha, 2013. 354 s.
12. Klymenko M. O., Klymenko O. M., Klymenko L. V. Stratehiia staloho rozvytku rehionu : pidruchnyk. K. : Vydavnychiy dim «Kondor», 2021. 312 s.
13. Pro osnovni zasady (stratehiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku : Zakon Ukrainy vid 28.02.2019 r. № 2697VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>. (data zvernennia: 10.08.2023).

**Klymenko M. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Klymenko O. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Yankovska A. Y., Senior Student** (National University of Water and
Environmental Engineering, Rivne)

SUBSTANTIATION OF THE CHOICE OF RELEVANT CRITERIA, STRATEGIC AND OPERATIONAL GOALS OF HORODOK VILLAGE COMMUNITY DEVELOPMENT

The article presents the materials of the SWOT-analysis of the Horodok Village Council and the assessment of the social, economic, and environmental spheres of the community by quantitative and qualitative indicators.

Indicators of weaknesses and threats to the development of the village council included: in the social sphere is excess of mortality over birth rate, insufficient development of education, medicine, culture, sports and engineering infrastructure (1.8 points); in the economic sphere is insufficient number of farms and agricultural processing enterprises, slow growth of small businesses, high unemployment, small percentage of the workforce (2.2 points); in the environmental sphere is unsatisfactory quality of drinking water, lack of centralized water supply and sewage, soil degradation and increased risks of air and agricultural pollution (1.7 points on a scale of 1 to 5).

The natural advantages, general advantages, unique advantages and opportunities for the development of the village council are listed, and the community development strategies are selected by creating conditions for the growth of living standards, creating a competitive efficient economy and environmentally safe settlements of the village council by improving the environmental situation in them. The article provides information on the choice of community development scenarios, namely: inertial, pessimistic, and optimistic. It is emphasized that these scenarios are formed on the basis of assumptions that the impact of external forces and internal factors on the development of the village council will remain unchanged for a long time.

The author formulates the strategic vision of Horodok village council as its transformation into a developed innovation-oriented,

industrial-agrarian, economically secure settlement that meets the growing material and spiritual needs of the population, ensures the achievement of high social standards of community life, sustainable economic development, which ensures rational environmentally sound management and highly efficient and balanced use of natural resources, creation of favorable conditions for human health and conservation and reproduction of natural resources.

The content of three strategic goals is given, namely: 'Development of human capital, high social standards', which includes three operational objectives; 'Economic development of the territory', which includes four operational objectives; 'Environmental safety of the territory', which includes two operational objectives.

***Keywords:* village council; development; strategy; strategic vision; strategic goals; operational goals.**

ЗМІСТ

Бреус Д. С., Вознюк Н. М.	Вплив біологічних препаратів на урожайність та якість гороху овочевого в умовах зони степу 3
Боровий В. О., Браславська О. В., Максютов А. О.	Розробка технології спільного застосування супутникових та традиційних засобів та методів побудови локальних геодезичних мереж 20
Боярин М. В.	Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Стир за макрофітним індексом MIR 37
Ворон В. П., Фізик І. В., Івашинюта С. В., Грицюк І. І., Ціпан Ю. Р.	Аеротехногенні зміни лісів зеленої зони м. Рівне 53
Гриб Й. В., Полтавченко Т. В., Ковальчук С. В., Михальчук М. А., Войтишина Д. Й.	Вплив ризиків на формування сукцесійних змін біоценозів річково-озерної мережі 73
Залеський І. І.	Стан транскордонного біосферного резервату «Західне Полісся» 85
Караїм О. А., Цьось О. О., Бакараєв О. А., Бєдункова О. О., Караїм В. П., Хомацький В. М.	Екологічний контроль впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин при виробництві асфальтобетону 97

Ковальчук Н. С., Бордусь О. Ю.	Біотехнологічний метод розмноження <i>PAULOWNIA SSP</i> 116
Крайна М. А., Фурманець О. А.	Продуктивність кукурудзи при вирощуванні на дерново-підзолистих грунтах Західного Полісся за різних доз основного удобрення 130
Ліхо О. А., Гакало О. І., Скиба В. П.	Особливості формування ризиків при водозабезпеченні населення Рівненської області в умовах воєнного стану 142
Мошинський В. С., Клименко М. О., Клименко Л. В.	Обґрунтування підходів до визначення цілей сталого розвитку економічної сфери міста Рівного 154
Пічура В. І., Потравка Л. О., Домарацький Є. О., Вознюк Н. М.	Закономірності формування продуктивності озимої пшениці залежно від попередника у відповідності до шкали ВВСН в зоні степу України 167
Польовий В. М., Колесник Т. М., Майборода Х. А.	Обґрунтування оптимальної системи живлення салату листового для умов гідропоніки 190
Совгира С. В., Максютов А. О., Турчина К. П.	Вдосконалення способів геодезичної оцінки морфометричних елементів топографічної основи складно-рельєфної місцевості 198
Клименко М. О., Клименко О. М., Янковська А. Ю.	Обґрунтування вибору сценаріїв, стратегічних і операційних цілей розвитку Городоцької сільської ради 214

CONTENT

Breus D. S., Vozniuk N. M.	Influence of Biological Agents on Yield and Quality of Vegetable Peas Under the Conditions of Steppe Zone 3
Borovyi V. O., Braslavska O. V., Maksiutov A. O.	Development of Joint Application Technology Satellite and Traditional Means and Methods Construction of Local Geodesic Networks 20
Boiaryn M. V.	Assessment of the Environmental Status of the Surface Waters of the Styr River By the Macrophyte Index MIR 37
Voron V. P., Fizyk I. V., Ivashyniuta S. V., Hrytsiuk I. I., Tsipan Yu. R.	Aerotechnogenic Changes of Forests in the Green Zone, m. Rivne 53
Hryb Y. V., Poltavchenko T. V., Kovalchuk S. V., Mykhalchuk M. A., Voityshyna D. Y.	Influence of Ecological Risks on the Formation of Successional Biocenoses In the River-Lake Network, Fish Productivity and Species Diversity of Ichthiofauna 73
Zaleskyi I. I.	State of the Transboundary Biosphere Reserve "Western Polissia" 85
Karaim O. A., Tsos O. O., Bakaraiev O. A., Biedunkova O. O., Karaim V. P., Khomatskyi V. M.	Ecological Control of Environmental Impact Pollutant Emissions of Producing Asphalt Concrete 97

Kovalchuk N. S., Bordus O. Y.	Biotechnological Method of Propagation of <i>PAULOWNIA SSP</i> 116
Kraina M. A., Furmanets O. A.	Productivity of Corn on Sod-Podzolic Soils of the Western Polissia Depending of Different Doses of Basic Fertilizer 130
Likho O. A., Hakalo O. I., Skyba V. P.	Features of The Formation of Risks In the Water Supply of the Population of the Rivne Region Under the Conditions of the State of Martial 142
Moshynskiy V. S., Klymenko M. O., Klymenko L. V.	Justification of Approaches To the Definition of the Goals of Sustainability of Rivne Economic Sphere 154
Pichura V. I., Potravka L. O., Domaratskyi Ye. O., Vozniuk N. M.	Patterns of Winter Wheat Productivity Formation Depending on Its Predecessor In Accordance With Bbch Scale In the Steppe Zone of Ukraine 167
Poloviy V. M., Kolesnyk T. M., Maiboroda H. A.	Justification of the Lettuce Nutrition System For Hydroponic Conditions 190
Sovhyra S. V., Maksiutov A. O., Turchyna K. P.	Improving Methods of Geodesic Assessment of Morphometric Elements of The Topographic Basis of a Complex Relief Location 198
Klymenko M. O., Klymenko O. M., Yankovska A. Y.	Substantiation of the Choice of Relevant Criteria, Strategic and Operational Goals of Horodok Village Community Evelopment 214

Наукове видання

ВІСНИК
Національного університету водного
господарства та природокористування

Збірник наукових праць

Випуск 3(103)

Сільськогосподарські науки

Комп'ютерна верстка
Технічний редактор

Галина Сімчук
Галина Сімчук

Друкується в авторській редакції

Підписано до друку 29.09.2023 р. Формат 70×100¹/₁₆.
Ум.-друк. арк. 13,6. Обл.-вид. арк. 15,2.
Тираж 150 прим. Зам. № 5620.

Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.