

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

# МЕЛІОРАЦІЯ І ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО

**Випуск 105**

*Міжвідомчий тематичний  
науковий збірник*

Київ  
2017

УДК 631.67:631.62:626.8:691.175:699.8

**Засновник** – Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України. Свідоцтво про державну реєстрацію – № 21720-11620 ПР

Видання занесене до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних і сільськогосподарських наук (Наказ Міністерства освіти і науки України від 09.03.2016 № 241).

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту водних проблем і меліорації НААН 31 березня 2017 року (протокол № 3).

У збірнику відображено результати теоретичних та експериментальних досліджень з пріоритетних напрямів: агроресурси, водні ресурси, зрошення, осушення, гідрологія, екологія, гідротехніка, агроінженерія тощо. Стане у пригоді науковцям, фахівцям водного та сільського господарства.

#### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

М.І. РОМАЩЕНКО, д.т.н., проф., акад. НААН (*головний редактор*)

А.П. ШАТКОВСЬКИЙ, д.с.-г.н., с.н.с. (*заступник головного редактора*)

Т.І. ТРОШИНА, Н.В. ЛОГУНОВА (*відповідальні секретарі*)

В.В. АДАМЧУК, д. т. н., проф., акад. НААН

С.А. БАЛЮК, д. с.-г. н., проф., акад. НААН

BART SCHULTZ д., проф. (*Нідерланди*)

WALDEMAR. MIODUSZEWSKI, д., проф. (*Польща*)

В.А. ВЕРГУНОВ, д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН

В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ, д. геогр. н., проф.

Р.А. ВОЖЕГОВА, д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН

В.А. ГУРИН, д. т. н., проф.

М.М. ДУБЕНОК, д. с.-г. н., проф., акад. РАН (*Росія*)

О.І. ЖОВТОНОГ, д. с.-г. н., с.н.с.

В.Ф. КАМІНСЬКИЙ, д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН

Б.М. КІЗЯЄВ, д. т. н., проф., акад. РАН (*Росія*)

П.І. КОВАЛЕНКО, д. т. н., проф., акад. НААН,

член РАСГН (*Росія*), член IAA Geografili (*Італія*)

П.І. КОВАЛЬЧУК, д. т. н., проф.

М.Г. КОВАЛЬОВ, д. т. н., проф., акад. РАН (*Росія*)

В.І. КРАВЧУК, д. т. н., проф., чл.-кор. НААН

А.П. ЛІХАЦЕВИЧ, д. т. н., проф., чл.-кор. НААН

(*Білорусь*), член РАСГН (*Росія*)

Ю.А. МАЖАЙСЬКИЙ, д. с.-г. н., проф.

М.П. МАЛЯРЧУК, д. с.-г. н., с.н.с.

Ю.О. МИХАЙЛОВ, д. т. н., с.н.с.

В.С. МОШИНСЬКИЙ, д. с.-г. н., проф.

О.П. МУЗИКА, к. т. н., с.н.с.

В.М. ПОПОВ, д.т. н.

А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ, д. т. н., проф.

І.Т. СЛЮСАР, д. с.-г. н., проф.

В.А. СТАШУК, д. т. н., проф., чл.-кор. НААН

О.Г. ТАРАРІКО, д. с.-г. н., проф., акад. НААН

Ю.О. ТАРАРІКО, д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН

В.О. УШКАРЕНКО, д. с.-г. н., проф., акад. НААН

Б.О. ФАЙБИШЕНКО, д.т.н. (*США*)

О.І. ФУРДИЧКО, д. с.-г. н., проф., акад. НААН

П.Д. ХОРУЖИЙ, д. т. н., проф.

С.А. ШЕВЧУК, к. т. н. с.н.с.

А.В. ЯЦИК, д. т. н., проф., акад. НААН

М.В. ЯЦИК, к.т.н., с.н.с.

М.В. ЯЦЮК, к.геогр.н.

#### Адреса редакції:

Інститут водних проблем і меліорації НААН

вул. Васильківська, 37, Київ, 03022

Тел. (044) 257-31-84, 050 947 90 35

ISSN 0507-2166

ISBN 978-617-640-186-5

UDC 631.67: 528.88 (15)

## STATE AND WAYS OF ENHANCING THE WATER SUPPLY OF THE SOUTHERN REGION OF UKRAINE BY USING THE WATER RESOURCES OF THE DANUBE RIVER

**M.I. ROMASHCHENKO**, Doctor of Engineering Science, Academician of NAAS

**A.M. SHEVCHENKO**, PhD in Agricultural Science

**S.M. LYUTNYTSKYI**

Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS

*The current state of water supply in the south of Ukraine with local and transit water resources, the forecast territorial and sectorial imbalance between their availability and need for them, as well as expediency and possibility of increasing water availability of the population and sectors of the economy, water security of the region through the use of the waters of the Danube River are considered.*

**Key words:** water security, water resources, water supply, irrigation, groundwater, surface water, river runoff, structure of water use, typization

**Formulation of the problem.** Water resources belong to a strategic, vital natural resource, which is of particular importance for the development of society. They are one of the natural components of the socio-economic development of the regions, providing all spheres of human life and economic activity, identifying opportunities for the development of industry and agriculture, the location of places of residence and rest, preservation and consistency of natural ecosystems, etc. The importance and priority of the water resources supply problem is also related to security aspects both at the national level and within individual regions.

The growing shortage of high-quality water supplies for drinking water supply, meeting the needs of various sectors of the economy, including agriculture, leads to increased attention of scientists to the problems of the use, protection and reproduction of water resources [1-12].

Against the backdrop of regional manifestations of global climate change with an increase in its aridity, the problem of providing the population and sectors of the economy with high-quality water resources, especially in the southern region of Ukraine (Odesa, Mykolayiv, Kherson, Zaporizhzhya regions and the Autonomous Republic of Crimea), is characterized by a predominantly low self-sufficiency (local) water resources, a significant deterioration in the quality of water in the main sources of water supply and a significant need for water.

This is largely due to the restoration and sustainable development of irrigation. The growth of the role of irrigated land in solving the problem of transforming Ukraine into a world leader in food production, including through the planned government by the country, is an increase in grain production associated with both

the increase in the efficiency of their use and the subsequent increase in the area of irrigated lands. The latter, taking into account the tendency to increase the water requirements of agricultural crops grown now in irrigated lands, will require the attraction of additional water resources to increase water availability of existing irrigation systems and the construction of new ones.

According to the preliminary expert estimates of IWPLR NAAS [13,14], the solution of the problem of reliable drinking water supply, water provision of industrial facilities, agricultural production, including the further development of irrigation in the south of Ukraine, primarily in Odesa and, in part, in the Mykolaiv regions, is possible due to the waters of the Danube River. The necessity to work out the question of the expediency of attracting water resources of the Danube River to improve water supply in the southern regions of Ukraine was also emphasized by the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated April 25, 2013 «On the state of implementation of the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated February 27, 2009 «On the state of the state water safety and provision of population with quality drinking water in settlements of Ukraine», enacted by the Decree of the President of Ukraine No. 350/2013 dated June 25, 2013.

**The purpose of the research** is to substantiate the possibility of increasing the water supply of the southern region of Ukraine by attracting water resources from the Danube River. The research methodology is based on system analysis and generalization of information, application of cartographic and comparative methods.

**Research results.** The research and systematic analysis of the level of water availability of individual regions, the nature and degree

of natural provision of their available water resources, taking into account the qualitative state of the latter, with the subsequent territorial differentiation of available water resources, the peculiarities of their use and the possibilities of restoration or spatial (basin, regional) redistribution, that in the regional dimension the southern regions and the ARC are the least secured with their own freshwater resources in the state. This is connected, first of all, with their confinement, mainly to the steppe zone, which is characterized by a small amount of precipitation and increased evaporation, especially in the dry steppe subzone, relatively small number of small rivers, many of which are dries.

Data on the resources of the river flows in the southern region in the middle-long and in different years (Table 1) indicate a rather low level of provision of the regions of this region with local water resources. At the same time, the difference between the average annual values of the local river runoff in general is insignificant, and for very shallow water years water availability in separate regions differs by more than twenty times.

The resources of the average annual total river runoff vary from 0.91 km<sup>3</sup>/year in the ARC to 54.4 km<sup>3</sup> / year in the Kherson region. At the same time, the most equipped with the total resources of the river flow in the region in the basin of the Dnieper River, which according to the volume of local drainage are quite low-income. Thus, the Kherson region is the least secured among all regions in terms of water resources of local drainage, while the total resources of the river flow, on the contrary, are the most secured in the country. In most regions, the flow of transit river flows significantly exceeds local resources: from

6 times (Mykolaiv region) to 350 times (Kherson region). The exception is the ARC, where there is no natural influx due to its borders.

In addition, it should be noted that the lower part of the Danube River is located in the extreme south-west of Odessa region, with an average of 123 km<sup>3</sup> of water per year in the Kilia Mud (mouth), and 95.5 km<sup>3</sup> in a very shallow water year [7]. The Danube River, which can be drawn to use in Ukraine, is, according to the calculations of the water balance, 30-35 km<sup>3</sup> [15]. At present, the Danube has a relatively limited use in Ukraine only in Odesa region.

Objective indicators of the natural maintenance of the territory by water resources are the amount of total and local river runoff per 1 km<sup>2</sup> of area and the volume of local and total resources per inhabitant (specific water availability). Data characterizing the specific supply of water resources of the river runoff of the southern region are shown in Table 2.

With an average supply of Ukraine's local long-term river runoff of about 90.0 thousand m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> for the southern regions, the calculated value of this indicator is 4.9-33.7 thousand m<sup>3</sup>/year per 1 km<sup>2</sup>. In a very shallow year, the provision of local river runoff of 1 km<sup>2</sup> of the area is reduced to 0.7-15.9 thousand m<sup>3</sup>, and according to updated data on runoff values [16] does not exceed 0.32 thousand m<sup>3</sup> (Kherson region) – 8.89 thousand m<sup>3</sup> (ARC).

More significant are the differences in the values of the specific water supply of 1 km<sup>2</sup> of the area with average annual total river runoff (average value for Ukraine about 150 thousand m<sup>3</sup>/year): from 33.7 thousand m<sup>3</sup>/year for the ARC to almost 1950.0 thousand m<sup>3</sup>/year for Zaporozhye region.

### 1. Water resources of the river flow of the southern region of Ukraine

Region	Water resources in different by water content years, km <sup>3</sup> /year					
	Long-term annual average		Low water		Extremely low water	
	local	total	local	total	local	total
ARC	<u>0,91</u>	<u>0,91</u>	<u>0,65</u>	<u>0,65</u>	<u>0,43</u>	<u>0,43</u>
	0,91	0,91	0,53	0,53	0,24	0,24
Zaporizhzhya	<u>0,62</u>	<u>53,0</u>	<u>0,30</u>	<u>42,8</u>	<u>0,13</u>	<u>33,1</u>
	-	54,0	0,44	41,6	0,23	30,0
Mykolaiv	<u>0,57</u>	<u>4,0</u>	<u>0,33</u>	<u>2,78</u>	<u>0,16</u>	<u>1,71</u>
	-	4,14	0,23	2,72	0,08	1,61
Odesa	<u>0,35</u>	<u>12,9</u>	<u>0,17</u>	<u>10,1</u>	<u>0,076</u>	<u>7,41</u>
	-	12,8	0,25	9,45	0,12	6,70
Khersonska	<u>0,14</u>	<u>54,4</u>	<u>0,06</u>	<u>42,8</u>	<u>0,02</u>	<u>32,0</u>
	-	54,5	0,07	41,7	0,009	30,0

Notes: 1. In the numerator value is given by the data [15], in the denominator – according to the updated assessment [16].  
2. The value of the runoff for Odesa region is given except the waters of the Danube River.

## 2. Specific water supply of the southern region of Ukraine

Region (administrative region, autonomous republic)	The population as of 01.01.2016, thousand people	Provision of river runoff for 1 person, ths m <sup>3</sup> /year1)					
		Long-term annual average year		Low water year		Extremely low water year	
		local	total	local	total	local	total
ARC	2354,52	<u>0,38</u> 0,38	<u>0,38</u> 0,38	<u>0,28</u> 0,22	<u>0,28</u> 0,22	<u>0,18</u> 0,10	<u>0,18</u> 0,10
Zaporizhzhya	1753,6	<u>0,35</u> -	<u>30,22</u> 30,79	<u>0,17</u> 0,25	<u>24,40</u> 23,72	<u>0,07</u> 0,13	<u>18,88</u> 17,11
Mykolaiv	1158,2	<u>0,49</u> -	<u>3,45</u> 3,57	<u>0,28</u> 0,20	<u>2,40</u> 2,35	<u>0,14</u> 0,07	<u>1,48</u> 1,39
Odesa	2390,3	<u>0,15</u> -	<u>5,40</u> 5,35	<u>0,07</u> 0,10	<u>4,22</u> 3,95	<u>0,03</u> 0,05	<u>3,10</u> 2,80
Kherson	1062,4	<u>0,13</u> -	<u>51,20</u> 51,30	<u>0,06</u> 0,07	<u>40,29</u> 39,25	<u>0,02</u> 0,01	<u>30,12</u> 28,24

Notes: 1. In the numerator value is given by the data [15], in the denominator – according to the updated assessment [16].  
2. As of 01.04.2014

According to the size of the specific population provision with local water resources (0.13-0.49 thousand m<sup>3</sup> per inhabitant in the average per year), all regions are characterized by the classification of the UN Economic Commission for Europe (ECE) as catastrophically low water supplied ones (less than 1 thousand m<sup>3</sup>/year per person). In very shallow years per capita, from 20-30 m<sup>3</sup>/year (Kherson, Odessa regions) to 140-180 m<sup>3</sup>/year (Mykolaiv region, ARC) own water resources. At the same time, the presence of a tendency towards a permanent reduction of the population living in the southern regions does not significantly affect the improvement of the situation with regard to the provision of its life with local water resources.

The specific security of the total resources of the river runoff within the regions ranges from 0.4 to 51.2 thousand m<sup>3</sup> per capita in the average per year water and from 0.2 to 30.1 thousand m<sup>3</sup> per inhabitant – in a very shallow water year.

Thus, the southern region of Ukraine is characterized by catastrophically low local water resources supply of river runoff per capita and different security (from catastrophically low to high) – for the total resources of river runoff.

It is necessary to note the territorial heterogeneity of the provision of surface water and within certain areas. Thus, the least secure surface local water resources are the districts located in the southern part of the Mykolayiv, Odesa, Kherson regions and in the northern and central parts of the Plain Crimea, where the average multi-year flow of the rivers is less than 0.2 l/s per km<sup>2</sup>. The northern and central parts of the Odessa region are characterized by limited water supplies, while the south and west, which

tend to the Dniester and Danube rivers, have significant water supplies. The same applies to the Zaporozhye and Kherson regions, where the most secure rivers are adjacent to the Dnipro River and the Kakhovka Reservoir.

Water resources of the river runoff differ not only in quantity but also in quality. For surface waters of southern Ukraine, in most cases zonally characteristic is naturally high content of water dissolved in salts (mineralization). Lower values of surface water mineralization are observed in the Dnipro river basin, the highest (above 1,5-2,0 g/dm<sup>3</sup>) – in the rivers of the Azov Sea and the Black Sea.

In addition, monitoring data on surface water and quality of irrigation water maintained by the water management organizations of the State Agency of Water Supply of Ukraine and other environmental monitoring entities show that in significant areas in all regions, their pollution is negatively influenced by the quality of surface water, resulting in a deterioration of the possibility of using these water, in particular for drinking water supply, irrigation of lands, etc.

The total resource potential of groundwater, that is, their predicted resources (GPR) in the south of Ukraine, is 3.28 km<sup>3</sup>/year, or 9000.6 thousand m<sup>3</sup>/day, including mineralization to 1.5 g/dm<sup>3</sup> – 2.73 km<sup>3</sup>/year, or 7473.6 thousand m<sup>3</sup>/day. The total explored groundwater exploitation reserves (EGER) now amount to 1.09 km<sup>3</sup>/year (2987.8 thousand m<sup>3</sup>/day), or 32.2% of the GPR [17].

In administrative terms, most of the GPR (more than 55%) are concentrated in Kherson region, where per capita accounted for 4.68 m<sup>3</sup>/day or 1.7 thousand m<sup>3</sup>/year, while the smallest in

Odesa region with specific provision of GPR 0.3 m<sup>3</sup>/day per one resident.

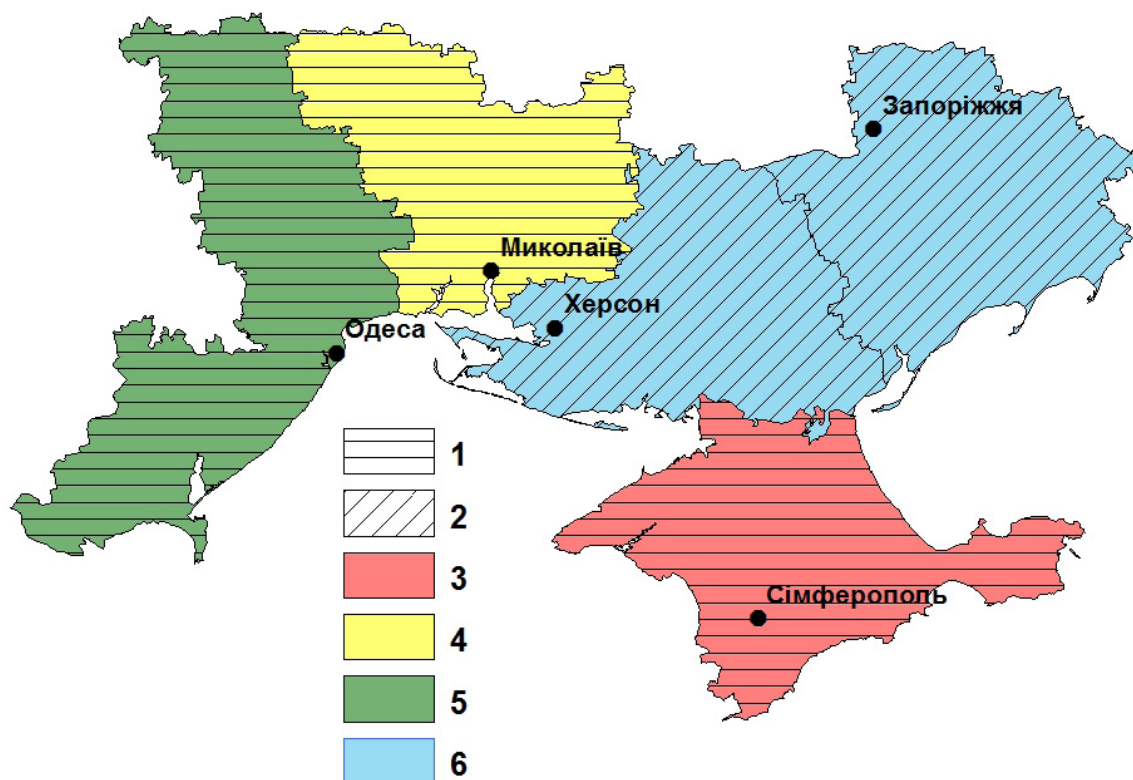
The largest number of explored and approved EGER is located in the ARC and Kherson region, with the highest percentage of research of GPR (over 90%), while in Zaporizhzhya, Mykolayiv, Kherson regions, the propriateness of GPR is not more than 19%.

Underground water in the southern regions, in its quality, in large areas, does not meet the norms for water supply sources, which is related both to the natural conditions of their formation, and to the anthropogenic pollution, as well as to the depletion of groundwater. In recent years, in each of the southern regions, there are 10 to 40 main foci of groundwater pollution.

The results of generalization of data on the availability of surface and underground waters of different quality in the southern regions of Ukraine, their specific values (per unit area and one inhabitant), distribution of their use by separate industries and directions became the basis for identifying certain types of availability of water resources and state of water use.

By the nature of the natural supply of local and general water resources (Fig. 1), the ARC, Mykolayiv, and Odessa regions can be attributed to the poorly supplied, and Zaporizhzhya and Kherson – to sufficiently water-dependent. Given the differentiation of availability of water resources, which are formed directly in the region, and their total quantity taking into account the flow of transit waters, the following subtypes of water availability are distinguished: catastrophically low in terms of local and total water resources; catastrophically low in local and moderate (intermediate – according to the UNECE classification) for total water resources; catastrophically low in local and high in total water resources.

The first of the subtypes is characteristic for the ARC, where the resources of both surface and underground waters are insignificant, and the inflow from other regions by the river network is absent. The second subtype includes Mykolayiv and Odessa regions, if you do not take into account the transit flow of the Danube River. Otherwise, Odessa region, as well as Kherson and Zaporozhye regions, belongs to the third subtype.



**Fig. 1. Typing of the southern region of Ukraine in terms of water resources:**

*1.2 – general provision: 1-poorly supplied; 2-enough water supply; 3-6 – differentiated security: 3-catastrophically low in local and total water resources; 4 is catastrophically low in local and moderate in terms of total water resources; 5- catastrophically low in the local and moderate (except the Danube River) and high (from the Danube River) in total water resources; 6- catastrophically low in local and high in total water resources*

The results of typing testify to the general low supply of all regions with their own water resources, the need for attracting to the use of transit waters, including their redistribution within a certain region or river basin, as well as the need for transfer from another region, the basin in the absence of inflow of water from the outside (in the ARC).

The structure of modern water use in a regional section is characterized by the following types: predominant use of water for production needs (characteristic of Zaporizhzhya, industrialized area); the predominant use of irrigation (Kherson region and the ARC-to its annexation of Russia), as well as mixed use, in particular, for the economic, drinking and production needs and irrigation (Odesa and Mykolaiv regions).

The estimation of disproportion in the system of water use, performed by comparing the natural water resource potential and the needs of the industries and population in separate territorial units, indicates a significant imbalance in the demand for water (current volumes of water abstraction) and the availability of own water resources in all southern regions. The high level of water use intensity on the indicator of the disproportion of the latter (from excessive to catastrophic) indicates the need to attract significant amounts of additional resources of transit flow for water needs of the population and sectors of the economy.

The problem of providing water to the southern region was largely solved by accumulating the Dnipro River water in reservoirs, first of all Kakhovskiy, with subsequent transportation by channels and water pipes: North-Crimean, Main Kakhovskiy, Dnipro-Ingulets, and others. Thus, the security of the Crimea, Kherson, Zaporozhye and Mykolaiv regions was raised several times. However, in recent decades, due to the economic crisis and certain social changes, water consumption has declined significantly, especially in industry and agriculture. However, this situation in the strategic plan can be considered, with some assumption, temporary.

The current state of actual water supply in the southern region is characterized by the use of mainly surface water sources, whose state is constantly deteriorating, the presence of a significant number of settlements, inhabitants of which use imported or well water, which is rather vulnerable to pollution, that is, low levels of access to drinking water.

The study of the level of prospective water availability in the region needs to be determined by water demand for a certain time perspective, opportunities and ways of their satisfaction. The

justification of the needs of the administrative units of the region in water resources should be based on forecast data on their socioeconomic development, taking into account climate change and the need for Ukraine to fulfill its commitment to achieve the so-called water sustainable development goal, primarily in terms of ensuring universal access to safe drinking water.

It should be noted that regional manifestations of climate change have led to a significant increase in the deficit of natural moisture supply and, as a consequence, the dryness of the climate in the southern regions of Ukraine. As a result, dry land in the Kherson region and the ARC is 8 years out of 10, and in Odesa, Mykolaiv and Zaporozhye regions every second year [18]. The increase in the deficit of water supply leads to the need to increase irrigation areas in the south of Ukraine, and the threat of reducing river runoff can lead to a significant risk of implementing this technological process of cultivating crops on irrigated lands.

Current trends in water use suggest that the growth of water needs in the southern regions will be due, first of all, to the need to provide population with quality drinking water, the prospect of renewal and development of irrigation. An analysis of the current state of use of irrigation and the possibility of transforming Ukraine into a global food donor, which is impossible without the growth of the role of irrigated agriculture, suggests that the expansion of the area of irrigated land for the growth of norms of water demand for crops [18-20] requires the attraction of additional water resources to increase water availability of available irrigation systems and ensuring the functioning of new ones.

Estimation of possible volumes of selection of total renewable water resources within individual regions without a threat to the environmental and resource intensity of the water regime (low level 10-20%, permissible – up to 30%) indicates a significant shortage of own and total water resources in the ARC, which was covered by the account of the supply of Dnipro water by the North-Crimean channel, as well as the possibility of tensions in the Mykolayiv and Odessa region in the event of an increase in water sampling, and for a very shallow water years, the practical existence of such tensions ( Table 3).

Taking into account the natural water supply, as well as the existing water management and reclamation complex, created in the Kherson and Zaporizhzhia regions, it can be argued that sufficiently large amounts of surface waters, primarily the Dnipro river, accumulate in the Kakhovka Reservoir, from which can be supplied by a

### 3. Deficiency of water resources and sources of its coverage

Region (administrative region, autonomous republic)	Total water resources, km <sup>3</sup> /year		Ecologically maximum permissible water withdrawal, km <sup>3</sup> /year *)		Current demand in water (average withdrawal from water bodies), km <sup>3</sup> / year	The source of water deficit covering
	Long-term annual average	Extremely low water year	Long-term annual average	Extremely low water year		
Крим	0,91	0,43	0,18/0,27	0,10/0,13	1,7	NCC
Запорізька	53,41	33,51	10,7/16,0	6,7/10,0	1,5	
Миколаївська	4,6	2,31	0,92/1,38	0,46/0,70	0,4	Dnieper River
Одеська	13,00	7,50	2,60/3,90	1,50/2,25	1,5	Danube River Danube River
Херсонська	55,00	32,60	11,0/16,50	6,52/9,80	1,5	

Note. \*) At the rate of 20% (numerator) and 30% (denominator) of renewable resources.

network of channels to irrigation systems these areas and to satisfy the household's drinking needs, and provide an opportunity to provide an acceptable level of actual water supply for irrigated areas by 225.0 and 140.0 thousand hectares. Accordingly, the mainly in the area of the NCC and MKC as provided [18].

In determining the necessary volumes of water resources for Odesa and Mykolayiv regions, first of all, the needs of the population in drinking water and sanitary requirements should be taken into account; in the second place, agricultural water supply as a guarantor of food security of the country and its separate regions should be considered as a priority.

Currently, commercial water supply of large settlements of Odessa region is carried out using water pipes from surface sources. The vast majority of other settlements receive water from underground sources. In more than 160 settlements, inhabitants use imported water, that is, they practically do not have access to quality drinking water, according to the UN definition of water and sanitation rights.

In Mykolayiv region, water supplies from five cities, including the regional center, are carried out from surface sources (the Dnieper, Southern Bug, Ingul, and Sinyuk rivers). The majority of rural settlements and district centers of the region for drinking needs consume groundwater, some of them use imported water.

Based on the number of existing population of regions, incl. urban and rural, which is (as of 01.01.2016), respectively 790.6 and 367.6 thousand people. (Mykolaiv region) and 1597.0 and 792.9 thousand people. (Odesa

region), as well as the tendency to reduce it, the need for water for household drinking water supply, taking into account specific norms of water consumption, will be approximately 100.0 and 210.0 million m<sup>3</sup>/year at current values of 35.0 and 100.0 million m<sup>3</sup>, respectively. Relatively low volumes of water use for drinking and household purposes, with a tendency for their further reduction, are obviously related to the lack of availability (including economic) of water of appropriate quality for the majority of the population, although this is one of the objectives of the Protocol on Water and Health to the United Nations Economic Commission for Europe Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes and the Sustainable Development Goal № 6 to ensure universal equality of access to safe and inexpensive drinking water in odes for all [21].

In our view, the main growth in water demand in the medium term may be due, first of all, to the restoration and development of irrigation both in Odesa and in Mykolaiv region, which, in particular, provides a corresponding concept [18] and conceptual approaches that is the basis of the Strategy for the restoration and development of irrigation systems in Ukraine, which is currently under development with the support of the World Bank.

The Concept [18] for irrigation rehabilitation and development is to increase the area of irrigation in the Odesa region by approximately 100 thousand hectares, and in Mykolayivska (without the Ingulets irrigation system) – by 40 thousand hectares. According to the Concept



for the Development of Micro-irrigation in Ukraine by 2020 [22], the projected areas of drip irrigation of crops by 2020 may amount to 40.0-50.0 thousand hectares in Odessa region and 24.0-30.0 thousand tons. ha in Mykolaiv region at present about 15,0 thousand hectares and 8,0 thousand hectares, respectively.

Currently, there is a certain tendency to increase the area of rice crops due to the presence of significant demand for this crop production, both now and in the future. Consequently, we can assume that the area of rice on existing systems is not less than 5.0 thousand hectares. In addition, according to experts' estimates of the specialists of the Rice Institute of the National Academy of Sciences, the expediency and significant prospects for growing rice on subsoil drip irrigation in the areas of not less than 50,000 hectares in the southern regions, in particular, in Odessa and Mykolaivska, are worthwhile. Thus, we can focus on the construction of drip irrigation systems for rice up to 30,000 hectares in each of these areas. It should be noted that the need to increase the area of rice is connected, among other things, with the loss of a significant part of them in connection with the annexation of the ARC to Russia.

Taking into account the water requirements of different crops for irrigation by sprinkling and for drip irrigation [19, 20], as well as the cultivation of rice as flooding, and for the droplet method, the required volume of water to serve on irrigated land can be roughly estimated to be about 1000 million cubic meters (Odessa area) and about 600 million m<sup>3</sup> (Mykolayiv region), of which 750.0 and 500.0 million m<sup>3</sup> respectively are used for additional irrigation areas. Thus, for the restoration and development of irrigation in the Odesa and Mykolaiv regions, taking into account water losses during transportation, at least 1900 million cubic meters of water from sources outside the Dnipro River is required.

Taking into account the priority of providing the population of Odessa and Mykolaiv regions, including those who use imported water, high quality drinking water, poor quality of most groundwater in the region, it is expedient to attract additional water resources for irrigation, in our opinion, using the waters of the Danube River whose average annual flow is at the apex of the delta (Reni), about 200.0 km and about 125.0 km<sup>3</sup> along the Kilia mouth (Izmail), and the drainage of the shallow water is almost 130.0 km<sup>3</sup> and 95.0 km<sup>3</sup>, respectively. The capture of a fraction of this water will make it possible to fully provide this region.

At the same time it should be noted that the improvement of water supply of the population of

the southwestern region of Odessa region, where the resources of groundwater of drinking quality are either insignificant or absent, can also be achieved through the use of significant resources of drinking groundwater of the aquifer in the alluvial deposits of the Danube River, which requires the commissioning of the explored Danube deposits (Reni district). This requires significant capital investments, so the solution of this issue is possible only at the state level.

In our opinion, it would be desirable for the Danube water to provide the southwestern lowland areas of the Odessa region for the restoration and development of so-called small (local) irrigation, first of all dripping. In this case, the expediency and feasibility of such projects, as well as technical solutions for the supply of water from the Danube River, should be coordinated with the opportunity to ensure the return on incurred costs and acceptable water costs. Water supply to the existing irrigation systems of the area can be carried out by closed large water pipelines.

Taking into account the previous experience of developing a project for the construction of the Danube-Dnepr water management complex and its partial implementation [23-25], the final decision on the possibility of transferring the Danube River drainage to the less-favored regions, given the technical difficulties of implementing such a project, in particular regarding the methods of transportation and accumulation of water, taking into account also the ambiguity of the impact of such a large-scale event on the state of the environment, the transboundary status of the Danube River Basin, only after a lengthy comprehensive complex x research on ecological, social and feasibility study and discussion by its public.

**Conclusions.** One of the ways of solving the problem of providing the population and sectors of the economy, first of all, with agricultural, accessible water of the necessary quality and a radical improvement of the water and ecological situation in the southern region of Ukraine, in particular in Odessa region, in the conditions of the increase of arid climate, depletion and pollution of local water bodies is the involvement in the use of the Danube River.

Obligatory measures for the implementation of the idea of ecologically safe and economically expedient supply of Danube water for irrigation of fields and water supply in settlements of different regions of Odessa and, possibly, Mykolaiv regions should be such:

- detailed assessment of the availability and needs of water resources of rayons, communities,

etc. taking into account real prospects of development of irrigation, livestock breeding, poultry farming, etc.;

- conducting complex scientific researches on the possible consequences of the transfer of part of the Danube river runoff, transformation of its quality, etc.;

- development of the Water Supply Scheme (Scheme) for improving the water supply of certain areas of Odessa region by the waters of the Danube River;

- development of the appropriate feasibility study, its coordination with local communities, environmental organizations;

- coordination of proposed measures, such as infrastructure projects, with the Danube river basin management plan.

The proposed measures are not exhaustive and can be supplemented and specified, and their realization under the current economic conditions is a rather difficult task, but only a gradual increase in the volumes of water resources in the Danube River, including through the use of groundwater in the Danube deposit, will allow in the future to create favorable conditions for the life of the population, efficient use of land, improve the water-ecological and social situation in the southern region of Ukraine.

### Bibliography

1. Doroguntsov S.I. *Water resources of Ukraine (problems of theory and methodology): Monograph / S.I. Doroguntsov, M.A. Khvesik, I.L. Golovinsky.* – K. : View. polygraph Center «Kyiv University», 2002. – 227 pp.

2. Danilov-Danilian V.I. *Water Consumption: Environmental, Economic, Social and Political Aspects / V.I. Danilov-Danilian, K.S. Losev.* – Moscow: Nauka, 2006. – 221 p.

3. *Safety of water resources in the global dimension: [monograph] / [for co. Ed. M.A. Hwsika] – K. : Institute of Natural Resources Economics and Sustainable Development of NASU, 2013. – 500s.*

4. *Water resources at the turn of the XX century: problems of rational use of protection and reproduction / Ed. M.A. Hwsika.* – K. : RVPS of Ukraine of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2005. – 568 p.

5. *Scientific principles of rational use of water resources of Ukraine according to basin principle / V.A. Stashuk, V.B. Mokin, V.V. Grebin, O.V. Chunarev / Ed. V.A. Stashku.* – Kherson. – 2014. – 320 s.

6. *Indicators and Indices for decision-making in water resource management. Water strategy for man. Newsletter ISSUE 4. JAN-MAR 2004. Available at URL: <http://environ.chemeng.ntua.gr/WSM/Newsletters/Issue4/Indicators.htm>.*

7. Vishnevsky V.I. *Rivers and reservoirs of Ukraine. Condition and use: Monograph / V.I. Vishnevsky – K. : Vispol, 2000. – 376 pp.*

8. Chumak Yu. Yu. *Household and drinking water supply and the state of surface water bodies in Ukraine / Yu. Yu. Chumak, M.V. Zubko, R.A. Homeland // Current issues of hygiene and ecological safety of Ukraine. Collection of abstracts of reports of sciences. – Practice-conf. (twentieth Marseev's reading). – Whip 16. – (October 20-21, 2016). – K. : 2016. – S. 200-202.*

9. *Potable water supply: assessment of quality and directions for its improvement / in sciences. Ed. T.P. Galushkina – Odessa – Saki: PE «Enterprise Phoenix», 2010. – 44 p.*

10. *Ecological audit of water management systems / Ed. T.P. Galushkina / Institute for Market Problems and Economic and Environmental Research. – Odesa-Saki: PE «Enterprise Phoenix», 2010. – 402 p.*

11. *Assessment of possible changes of water resources of local drainage in Ukraine in the XXI century / S. Snizhko, M. Yatsyuk, I. Kuprikov and others // The water economy of Ukraine. – 2012. – No. 6. – Pp. 8-16.*

12. *Cherednichenko Yu.G. Ways of solving the problem of providing population with drinking water quality / Yu.G. Cherednichenko // Sustainable development and ecological safety of society in economic transformations: materials of the third Allukr. sciences-practice conf. 15-16 september 2011, Bakhchisaray. – Simf.: Fenix, 2011. – P. 293-295.*

13. *Romashchenko M.I. Irrigated land in Ukraine. Condition and ways to improve / M.I. Romashchenko, S.A. Balyuk. – K. : World, 2000. – 112 p.*

14. *Romashchenko M.I. Scientific principles of land irrigation development in Ukraine. – K. : Agrarian Science, 2012. – 28 p.*

15. *Handbook on water resources / Pod. Ed. WOULD. Sagittarius – K. : Harvest, 1987. – 304 p.*

16. *Shereshevsky A.I. Water Resources of Ukraine / A.I. Shereshevsky, L.K. Sinitskaya // Reclamation and water management. – 2006. – Vip. 93-94. – P. 52-57.*

17. *Mineral resources of Ukraine. Yearbook. – K. : State Research and Production Enterprise*

«State Information Geological Fund of Ukraine», 2014. – Pp. 248-253. – Access: [http://geoinf.kiev.ua/M\\_R\\_2014.pdf](http://geoinf.kiev.ua/M_R_2014.pdf)

18. Concept of Irrigation Recovery and Development in the Southern Region of Ukraine. – K. : CP «Komprint», 2014 – 28 p.

19. Temporary raioned water crop requirements for irrigation by sprinkling: recommendations. – K. : Agrarian Science, 2015. – 24 p.

20. Temporary water requirements for drip irrigation of agricultural crops under the conditions of the Ukrainian Steppe (Recommendations). – K. : CP «Komprint», 2015. – 20 p.

21. The transformation of our world: An Agenda for Sustainable Development for the period up to 2030. Resolution adopted by the UN General Assembly on September 25, 2015. – Access: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/NDOC/GEN/N15/285/75/PD/N1528575.pdf?OpenElement>.

22. Concept of micro-irrigation development in Ukraine till 2020 – K. : LLC DIA, 2012. – 20 p.

23. Ponomarenko V.D. Selection of the route of inter-basin transfer of runoff (on the example of the Danube-Dnepr canal) / V.D. Ponomarenko // Hydrotechnics and melioration. – 1982. – No. 8. – P. 34-38.

24. Romanenko V.D. Environmental problems of inter-basin flow discharges / V.D. Romanenko, O.P. Oksiyuk, V.N. Zhukinsky et al. – K. : Scientific Opinion, 1984. – 256 pp.

25. Karuk B.P. Ways of realization of measures on improvement of water supply of Ukrainian SSR / BP Karuk – Problems of rational use, protection and reproduction of water resources in the Ukrainian SSR. – Tez. reports of rep. n.t. conf. – K. : AN USSR, Ministry of Water Resources of the USSR, 1980. – P. 32-34.

**М.И. Ромащенко, А.Н. Шевченко, С.Н. Лютницький**  
**Состояние и пути повышения водообеспеченности южного региона Украины**  
**водными ресурсами реки Дунай**

*Рассмотрены современный уровень обеспеченности юга Украины местными и транзитными водными ресурсами, прогнозный территориальный и отраслевой дисбаланс между их наличием и потребностью, а также целесообразность и возможность повышения водообеспеченности населения и отраслей экономики, водной безопасности региона путем использования вод реки Дунай.*

**М.І. Ромащенко, А.М. Шевченко, С.М. Лютницький**  
**Стан і шляхи підвищення водозабезпечення південного регіону України**  
**водними ресурсами річки Дунай**

*Розглянуто сучасний рівень забезпеченості півдня України місцевими і транзитними водними ресурсами, прогнозний територіальний і галузевий дисбаланс між їх наявністю і потребою, а також доцільність і можливість підвищення водозабезпеченості населення і галузей економіки, водної безпеки регіону шляхом використання вод річки Дунай.*

УДК 631.67:528.88(15)

## СТАН ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ПІВДЕННОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ РІЧКИ ДУНАЙ

**М.І. РОМАЩЕНКО**, док. тех. наук,

**А.М. ШЕВЧЕНКО**, канд. с.-г. наук,

**С.М. ЛЮТНИЦЬКИЙ**

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Розглянуто сучасний рівень забезпеченості півдня України місцевими та транзитними водними ресурсами, прогностичний територіальний і галузевий дисбаланс між їх наявністю та потребою, а також доцільність і можливість підвищення водозабезпеченості населення та галузей економіки, водної безпеки регіону шляхом використання вод річки Дунай.*

**Ключові слова:** водна безпека, водні ресурси, водозабезпеченість, зрошення, підземні води, поверхневі води, річковий стік, структура водокористування, типізація

**Постановка проблеми.** Водні ресурси належать до стратегічного, життєво важливого природного ресурсу, що має особливе значення для розвитку суспільства. Вони є однією з природних складових соціально-економічного розвитку регіонів, забезпечуючи усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначаючи можливості розвитку промисловості та сільського господарства, розташування місць проживання та відпочинку, збереження і сталість природних екосистем тощо. Важливість і пріоритетність проблеми забезпечення водними ресурсами пов'язані також із безпековими аспектами як на національному рівні, так і в межах окремих регіонів.

Зростаючий дефіцит запасів якісної води для питного водопостачання, задоволення потреб різних галузей економіки, у тому числі сільського господарства, зумовлює посилення уваги науковців до проблем використання, охорони та відтворення водних ресурсів [1-12].

На фоні регіональних проявів глобальних змін клімату зі зростанням його посушливості очікується загострення проблеми забезпечення населення та галузей економіки якісними водними ресурсами, особливо в південному регіоні України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області та Автономна Республіка Крим), який характеризується переважно низькою забезпеченістю власними (місцевими) водними ресурсами, істотним погіршенням якості води в основних джерелах водопостачання та значною потребою у воді.

Значною мірою це стосується відновлення та сталого розвитку зрошення. Зростання ролі зрошуваних земель у вирішенні завдання перетворення України у світового лідера з виробництва продовольства, в тому числі і шляхом

запланованого Урядом країни збільшення виробництва зерна, пов'язується з підвищенням ефективності їх використання і з подальшим нарощуванням площ зрошуваних угідь. Останнє, з урахуванням тенденції до зростання норм водопотреби сільськогосподарських культур, які вирощуються нині на поливних землях, вимагатиме залучення додаткових водних ресурсів для підвищення водозабезпеченості наявних зрошувальних систем та будівництва нових.

За попередніми експертними оцінками ІВПіМ НААН [13, 14] вирішення проблеми надійного питного водопостачання, забезпечення водою промислових об'єктів, сільськогосподарського виробництва, у тому числі подальшого розвитку зрошення на півдні України, насамперед в Одеській і, частково, Миколаївській областях, можливе за рахунок води річки Дунай. Про необхідність відпрацювання питання щодо доцільності залучення водних ресурсів р. Дунай для підвищення водозабезпеченості південних регіонів України наголошено і в рішенні Ради національної безпеки і оборони України від 25 квітня 2013 р. «Про стан виконання рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 лютого 2009 р. «Про стан безпеки водних ресурсів держави та забезпечення населення якісною питною водою в населених пунктах України», уведеному в дію Указом Президента України № 350/2013 від 25.06.2013 р.

**Мета досліджень** – обґрунтування можливості підвищення водозабезпеченості південного регіону України за рахунок залучення водних ресурсів річки Дунай. Методика дослідження базується на системному аналізі та узагальненні інформації, застосуванні картографічного та порівняльного методів.

**Результати досліджень.** Дослідження та системний аналіз рівня водозабезпеченості окремих регіонів, характеру та ступеня природного забезпечення їх доступними водними ресурсами з урахуванням якісного стану останніх з подальшою територіальною диференціацією за наявними водними ресурсами, особливостями їх використання та можливостями відновлення або просторового (басейнового, регіонального) перерозподілу свідчать про те, що в регіональному вимірі південні області та АРК є найменш забезпеченими власними ресурсами прісної води у державі. Це пов'язано, насамперед, з їхньою приуроченістю переважно до степової зони, яка характеризується незначною величиною атмосферних опадів і підвищеною випарованістю, особливо в сухостеповій підзоні, порівняно малою кількістю невеликих за розмірами річок, багато з яких є пересихаючими.

Дані щодо ресурсів стоку річок південного регіону в середньобагаторічному розрізі та в різні за водністю роки (табл.1) свідчать про досить низьку забезпеченість областей цього регіону місцевими водними ресурсами. При цьому різниця між середньобагаторічними значеннями місцевого річкового стоку в цілому незначна, а для дуже маловодних років водозабезпеченість по окремих регіонах відрізняється більш як у двадцять разів.

Ресурси середньобагаторічного сумарного річкового стоку змінюються від 0,91 км<sup>3</sup>/рік в АРК до 54,4 км<sup>3</sup>/рік у Херсонській області. При цьому найбільш забезпечені сумарними ресурсами річкового стоку області в басейні р. Дніпро, які за обсягами місцевого стоку є досить малозабезпеченими. Так, Херсонська область за водними ресурсами місцевого стоку

є найменш забезпеченою серед усіх регіонів, тоді як за сумарними ресурсами річкового стоку навпаки – найбільш забезпеченою в країні. У більшості регіонів приплив транзитного річкового стоку значно перевищує місцеві ресурси: від 6 разів (Миколаївська область) до 350 разів (Херсонська область). Виняток складає АРК, де природний приплив з-за її меж відсутній.

Крім того, слід врахувати, що на крайньому південному заході Одеської області розташована нижня ділянка р. Дунай, по Кілійському рукаву (гирлу) якої проходить у середньому 123 км<sup>3</sup> води в рік, а в дуже маловодний рік – 95,5 км<sup>3</sup> [7]. Стік Дунаю, який можливо залучити для використання в Україні, складає, згідно з розрахунками водогосподарського балансу, 30-35 км<sup>3</sup> [15]. Наразі стік Дунаю має в Україні відносно обмежене використання лише в Одеській області.

Об'єктивними показниками природного забезпечення території водними ресурсами є величина сумарного і місцевого річкового стоку на 1 км<sup>2</sup> площі та об'єм місцевих і сумарних ресурсів у розрахунку на одного жителя (питома водозабезпеченість). Дані, що характеризують питому забезпеченість водними ресурсами річкового стоку південного регіону, наведено в таблиці 2.

При середній забезпеченості території України місцевим багаторічним стоком річок близько 90,0 тис. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> для південних регіонів розраховане значення даного показника складає 4,9-33,7 тис. м<sup>3</sup>/рік на 1 км<sup>2</sup>. У дуже маловодний рік забезпеченість місцевим річковим стоком 1 км<sup>2</sup> площі знижується до 0,7-15,9 тис. м<sup>3</sup>, а за оновленими даними щодо величин стоку [16] не перевищує 0,32 тис. м<sup>3</sup> (Херсонська область) – 8,89 тис. м<sup>3</sup> (АРК).

### 1. Водні ресурси річкового стоку південного регіону України

Регіон (область)	Водні ресурси у різні за водністю роки, км <sup>3</sup> /рік					
	середньобагаторічні		маловодні		дуже маловодні	
	місцеві	сумарні	місцеві	сумарні	місцеві	сумарні
АРК	0,91	0,91	0,65	0,65	0,43	0,43
	0,91	0,91	0,53	0,53	0,24	0,24
Запорізька	0,62	53,0	0,30	42,8	0,13	33,1
	-	54,0	0,44	41,6	0,23	30,0
Миколаївська	0,57	4,0	0,33	2,78	0,16	1,71
	-	4,14	0,23	2,72	0,08	1,61
Одеська	0,35	12,9	0,17	10,1	0,076	7,41
	-	12,8	0,25	9,45	0,12	6,70
Херсонська	0,14	54,4	0,06	42,8	0,02	32,0
	-	54,5	0,07	41,7	0,009	30,0

**Примітки:** 1. У чисельнику значення наведено за даними [15], у знаменнику – за даними оновленої оцінки [16].  
2. Значення стоку для Одеської області наведено без вод р. Дунай.

Більш значними є відмінності у величинах питомої водозабезпеченості 1 км<sup>2</sup> площі середньобагаторічним сумарним річковим стоком (середнє значення для України близько 150 тис. м<sup>3</sup>/рік): від 33,7 тис. м<sup>3</sup>/рік для АРК до майже 1950,0 тис. м<sup>3</sup>/рік для Запорізької області.

За величиною питомої забезпеченості населення місцевими водними ресурсами (0,13-0,49 тис. м<sup>3</sup> на одного жителя в середній за водністю рік) усі регіони характеризуються, згідно з класифікацією Європейської Економічної Комісії (ЄЕК) ООН, як катастрофічно низьководозабезпечені (менше 1 тис. м<sup>3</sup>/рік на одну особу). У дуже маловодні роки на одного жителя припадає від 20-30 м<sup>3</sup>/рік (Херсонська, Одеська області) до 140-180 м<sup>3</sup>/рік (Миколаївська область, АРК) власних водних ресурсів. При цьому, наявність тенденції до постійного скорочення населення, що проживає в південних областях, практично не впливає на поліпшення ситуації щодо забезпеченості його життєдіяльності місцевими водними ресурсами.

Питома забезпеченість сумарними ресурсами річкового стоку в межах областей коливається від 0,4 до 51,2 тис. м<sup>3</sup> на одного жителя в середній за водністю рік і від 0,2 до 30,1 тис. м<sup>3</sup> на одного жителя – у дуже маловодний рік.

Таким чином, південний регіон України характеризується катастрофічно низькою забезпеченістю місцевими водними ресурсами річкового стоку в розрахунку на одного

жителя та різною забезпеченістю (від катастрофічно низької до високої) – за сумарними ресурсами річкового стоку.

Необхідно відмітити територіальну неоднорідність забезпеченості поверхневими водами і в межах окремих областей. Так, найменш забезпеченими поверхневими місцевими водними ресурсами є райони, розташовані в південній частині Миколаївської, Одеської, Херсонської областей і в північній та центральній частинах Рівнинного Криму, де середній багаторічний модуль стоку річок складає менше 0,2 л/с•км<sup>2</sup>. Північна та центральна частини території Одеської області характеризуються обмеженими запасами води, а південь і захід, які тягнуть до річок Дністер та Дунай, мають значні запаси води. Те ж саме стосується Запорізької і Херсонської областей, де найбільш забезпеченими річковими водами є прилеглі до річки Дніпро та Каховського водосховища території.

Водні ресурси річкового стоку різняться не лише за кількістю, але й за якістю. Для поверхневих вод півдня України в більшості випадків зонально характерним є природно підвищений вміст розчинених у воді солей (мінералізація). Більш низькі значення мінералізації поверхневих вод спостерігаються в басейні р. Дніпро, найвищі (понад 1,5-2,0 г/дм<sup>3</sup>) – у ріках Приазов'я та Причорномор'я.

Крім того, дані моніторингу поверхневих вод та якості зрошувальних вод, що ведеться водогосподарськими організаціями

## 2. Питома водозабезпеченість південного регіону України

Регіон (адміністративна область, автономна республіка)	Чисельність населення на 01.01.2016 р., тис. чол.	Забезпеченість річковим стоком на 1 людину, тис. м <sup>3</sup> /рік <sup>1</sup> )					
		середньобагаторічний за водністю рік		маловодний рік		дуже маловодний рік	
		місцевий	сумарний	місцевий	сумарний	місцевий	сумарний
АРК	2354,5 <sup>2</sup> )	0,38 0,38	0,38 0,38	0,28 0,22	0,28 0,22	0,18 0,10	0,18 0,10
Запорізька	1753,6	0,35 -	30,22 30,79	0,17 0,25	24,40 23,72	0,07 0,13	18,88 17,11
Миколаївська	1158,2	0,49 -	3,45 3,57	0,28 0,20	2,40 2,35	0,14 0,07	1,48 1,39
Одеська	2390,3	0,15 -	5,40 5,35	0,07 0,10	4,22 3,95	0,03 0,05	3,10 2,80
Херсонська	1062,4	0,13 -	51,20 51,30	0,06 0,07	40,29 39,25	0,02 0,01	30,12 28,24

Примітки: 1. У чисельнику значення наведено за даними [15], у знаменнику – за даними оновленої оцінки [16].  
2. Станом на 01.04.2014 р.

Держводагентства України та іншими суб'єктами моніторингу довілля засвідчують, що на значних площах в усіх регіонах негативним чинником впливу на якість поверхневих вод є їхнє забруднення, внаслідок чого погіршується можливість використання цих вод, зокрема для питного водопостачання, зрошення земель тощо.

Сумарний ресурсний потенціал підземних вод, тобто прогнозні їх ресурси (ПРПВ) півдня України, становлять 3,28 км<sup>3</sup>/рік, або 9000,6 тис. м<sup>3</sup>/добу, з них з мінералізацією до 1,5 г/дм<sup>3</sup> – 2,73 км<sup>3</sup>/рік, або 7473,6 тис. м<sup>3</sup>/добу. Сумарні розвідані експлуатаційні запаси підземних вод (ЕЗПВ) нині складають 1,09 км<sup>3</sup>/рік (2987,8 тис. м<sup>3</sup>/добу), або 32,2% від ПРПВ [17].

В адміністративному відношенні більша частина ПРПВ (понад 55%) зосереджена в Херсонській області, де на одного мешканця припадає 4,68 м<sup>3</sup>/добу або 1,7 тис. м<sup>3</sup>/рік, а найменша в Одеській області з питомою забезпеченістю ПРПВ 0,3 м<sup>3</sup>/добу на одного мешканця.

Найбільша кількість розвіданих і затверджених ЕЗПВ знаходиться в АРК і Херсонській області, причому у першій відмічається найбільший відсоток розвіданості ПРПВ (понад 90%), тоді як у Запорізькій, Миколаївській, Херсонській областях розвіданість ПРПВ не перевищує 19%.

Підземні води в південних регіонах за своєю якістю на значних площах не відповідають нормативам на джерела водопостачання, що пов'язано як із природними умовами їх формування, так і з антропогенним забрудненням, а також виснаженням підземних вод. Останніми роками в кожній з південних областей фіксується від 10 до 40 основних осередків забруднення підземних вод.

Результати узагальнення даних щодо наявності поверхневих і підземних вод різної якості в південних областях України, питомих їх величин (на одиницю площі та одного жителя), розподілу їх використання за окремими галузями та напрямами стали підставою для виокремлення певних типів забезпеченості водними ресурсами та стану водокористування.

За характером природної забезпеченості місцевими та загальними водними ресурсами (рис. 1) АРК, Миколаївську, Одеську області можна віднести до маловодозабезпечених, а Запорізьку та Херсонську – до достатньо водозабезпечених. З урахуванням диференціації забезпеченості водними ресурсами,

що формуються безпосередньо на території регіону, та загальної їх кількості з урахуванням припливу транзитних вод, виокремлено такі підтипи водозабезпеченості: катастрофічно низька за місцевими та сумарними водними ресурсами; катастрофічно низька за місцевими та помірна (проміжна – за класифікацією СЕК ООН) за сумарними водними ресурсами; катастрофічно низька за місцевими та висока за сумарними водними ресурсами.

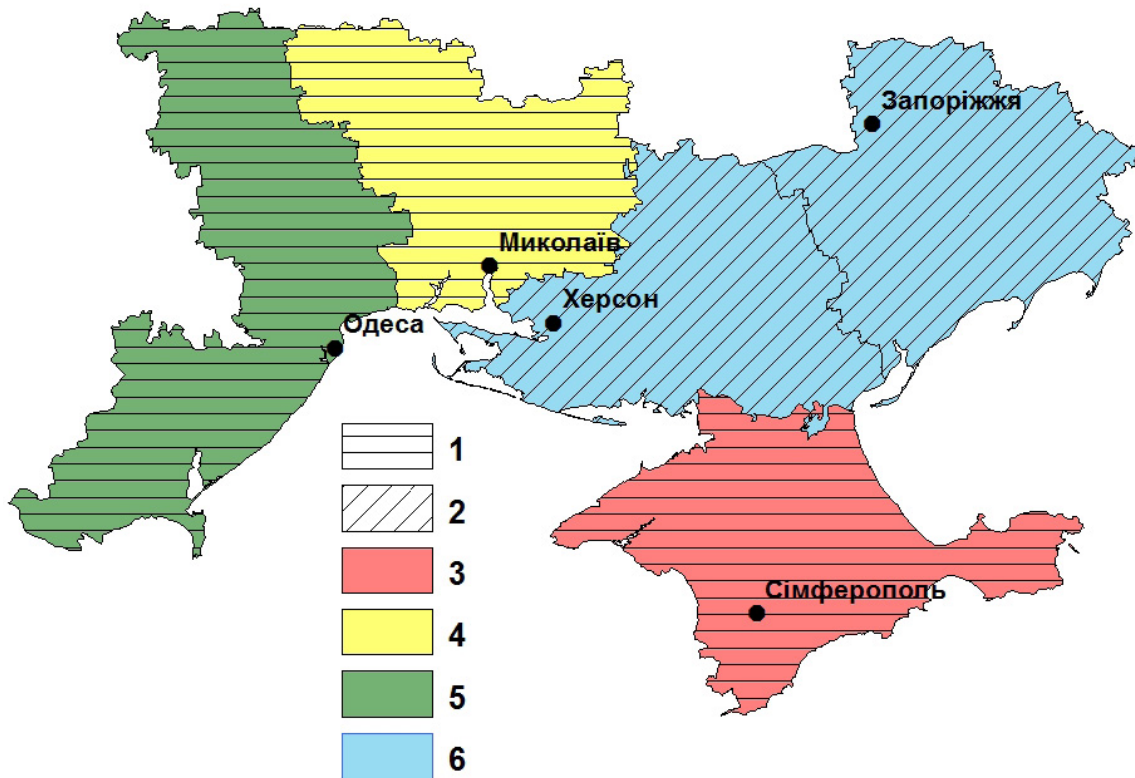
Перший з підтипів характерний для АРК, де ресурси як поверхневих, так і підземних вод досить незначні, а приплив з інших регіонів річковою мережею відсутній. До другого підтипу віднесено Миколаївську та Одеську області, якщо не брати до уваги транзитний стік р. Дунай. У протилежному випадку Одеський регіон, як і Херсонська та Запорізька області, належать до третього підтипу.

Результати типізації свідчать про загальну низьку забезпеченість всіх регіонів власними водними ресурсами, необхідність залучення до використання транзитних вод, у тому числі перерозподілу їх у межах певного регіону чи річкового басейну, а також про наявність потреби у перекиданні з іншого регіону, басейну за відсутності припливу вод ззовні (в АРК).

Структура сучасного водокористування в регіональному розрізі характеризується такими його типами: переважне використання води на виробничі потреби (характерно для Запорізької, промислово розвинутої області); переважне використання на зрошення (Херсонська область та АРК – до її анексії Росією), а також змішане використання, зокрема на господарсько-питні й виробничі потреби та зрошення (Одеська та Миколаївська області).

Оцінка диспропорції в системі водокористування, виконана шляхом порівняння природного водоресурсного потенціалу та потреб галузей економіки і населення в окремих територіальних одиницях, свідчить про суттєвий дисбаланс потреби у воді (нинішні обсяги забору з водних об'єктів) і наявністю власних водних ресурсів в усіх південних областях. Високий рівень напруженості водокористування за показником диспропорції останнього (від надмірної до катастрофічної) засвідчує необхідність залучення для забезпечення потреб у воді населення та галузей економіки значних обсягів додаткових ресурсів транзитного стоку.

Проблему забезпечення водою південного регіону значною мірою вирішували шляхом



**Рис. 1. Типізація південного регіону України за забезпеченістю водними ресурсами:**

*1,2 – загальна забезпеченість: 1-маловодозабезпечені; 2-достатньо водозабезпечені; 3-6 – диференційована забезпеченість: 3-катастрофічно низька за місцевими і сумарними водними ресурсами; 4-катастрофічно низька за місцевими та помірною за сумарними водними ресурсами; 5- катастрофічно низька за місцевими та помірною (без р. Дунай) і висока (з р. Дунай) за сумарними водними ресурсами; 6- катастрофічно низька за місцевими та висока за сумарними водними ресурсами*

акумулювання води р. Дніпро у водосховищах, насамперед Каховському, з подальшим транспортуванням її за допомогою каналів і водогонів: Північно-Кримського, Головного Каховського, Дніпро-Інгулець та ін. У такий спосіб забезпеченість АРК, Херсонської, Запорізької та Миколаївської областей було підвищено в кілька разів. Щоправда, в останні десятиліття, з огляду на економічну кризу та певні соціальні зрушення, споживання води значно зменшилось, особливо в промисловості та сільському господарстві. Однак таке становище у стратегічному плані можна вважати, з певним припущенням, тимчасовим.

Нинішній стан фактичного водозабезпечення в південному регіоні характеризується використанням для водопостачання переважно поверхневих джерел, стан яких постійно погіршується, наявністю значної кількості населених пунктів, жителі яких користуються привізною або колодязною

водою, яка досить уразлива до забруднення, тобто низьким рівнем доступу до питної води.

Дослідження рівня перспективної водозабезпеченості регіону потребує визначення потреб у воді на певну часову перспективу, можливості та шляхів їхнього задоволення. Обґрунтування потреб адміністративних одиниць регіону у водних ресурсах має базуватись на прогнозних даних щодо їх соціально-економічного розвитку, урахуванні змін клімату та необхідності виконання Україною зобов'язання щодо досягнення так званої водної цілі сталого розвитку, насамперед у частині забезпечення загального доступу до безпечної питної води.

Слід зазначити, що регіональні прояви змін клімату зумовили значне зростання дефіциту природного вологозабезпечення і, як наслідок, посушливості клімату в південних областях України. Унаслідок цього посушливими стали в Херсонській області та АРК 8 років із 10, а в Одеській, Миколаївській та Запорізькій областях



кожний другий рік [18]. Зростання дефіциту вологозабезпеченості спонукає до необхідності нарощування площ зрошення на півдні України, а загроза зменшення річкового стоку може спричинити значний ризик виконання даного технологічного заходу вирощування сільськогосподарських культур на поливних землях.

Наявні тенденції у водокористуванні дають підставу стверджувати, що зростання потреб у водних ресурсах у південних областях буде пов'язано, насамперед, із необхідністю забезпечення населення якісною питною водою, перспективою відновлення та розвитку зрошення. Аналіз сучасного стану використання зрошення та можливості перетворення України у світового продовольчого донора, яке неможливе без зростання ролі зрошувального землеробства, свідчить, що розширення площі зрошуваних угідь за зростання норм водопотреби сільськогосподарських культур [18-20] вимагає залучення додаткових водних ресурсів для підвищення вологозабезпеченості наявних зрошувальних систем та забезпечення функціонування нових.

Оцінка можливих обсягів відбору сумарних відновлювальних водних ресурсів у межах окремих регіонів без загрози еколого-ресурсної напруженості водного режиму (низький рівень 10-20%, допустимий – до 30%) свідчить про наявність значного дефіциту власних і сумарних водних ресурсів в АРК, який покривався за рахунок подачі дніпровської води Північно-Кримським каналом, а також можливість виникнення напруженості в Миколаївській і Одеській областях у разі зростання відбору води, а для дуже маловодних років – практично наявність такої напруженості (табл. 3).

Беручи до уваги природну водозабезпеченість, а також наявний водогосподарсько-меліоративний комплекс, створений в Херсонській та Запорізькій областях, можна стверджувати, що достатньо значні обсяги поверхневих вод, насамперед р. Дніпро, які акумулюються в Каховському водосховищі, звідки можуть подаватися мережею каналів на зрошувальні системи даних областей та задовільнити господарсько-питні потреби населення, дають можливість досягти прийняттого рівня фактичного водозабезпечення зростання площ зрошення на 225,0 і 140,0 тис. га відповідно, переважно в зоні дії ПКК і ГКМК, що передбачено [18].

При визначенні необхідних обсягів водних ресурсів для Одеської та Миколаївської областей, насамперед, повинні враховуватись потреби населення у питній воді та санітарно-побутові вимоги, на другому місці за пріоритетністю слід розглядати водозабезпечення сільського господарства як гаранта продовольчої безпеки країни та окремих її регіонів.

Нині господарсько-питне водопостачання крупних населених пунктів Одеської області здійснюється з допомогою водогонів з поверхневих джерел. Переважна більшість інших населених пунктів одержують воду з підземних джерел. У понад 160 населених пунктах жителі користуються привізною водою, тобто практично не мають, згідно з визначенням ООН щодо забезпечення прав на воду та санітарію, доступу до якісної питної води.

У Миколаївській області з поверхневих джерел (рр. Дніпро, Південний Буг, Інгул, Синюха) здійснюється водопостачання п'яти міст, у тому числі і обласного центру.

### 3. Наявність дефіциту водних ресурсів та джерела його покриття

Регіон (автономна республіка, область)	Сумарні водні ресурси, км <sup>3</sup> /рік		Екологічно гранично допустимий відбір водних ресурсів, км <sup>3</sup> /рік *)		Сучасна потреба у воді (середній забір з водних об'єктів), км <sup>3</sup> /рік	Джерело покриття дефіциту у воді
	середньо- багаторічні	дуже маловод- ного року	середньоба- гаторічних	дуже мало- водного року		
Крим	0,91	0,43	0,18/0,27	0,10/0,13	1,7	ПКК
Запорізька	53,41	33,51	10,7/16,0	6,7/10,0	1,5	
Миколаївська	4,6	2,31	0,92/1,38	0,46/0,70	0,4	р. Дніпро р. Дунай
Одеська	13,00	7,50	2,60/3,90	1,50/2,25	1,5	р. Дунай
Херсонська	55,00	32,60	11,0/16,50	6,52/9,80	1,5	

Примітка. \*) З розрахунку 20% (чисельник) і 30% (знаменник) від відновлювальних ресурсів.

Більшість сільських населених пунктів та райцентрів області для питних потреб споживають підземні води, частина з них користується привізною водою.

Виходячи з кількості наявного населення областей, у т.ч. міського та сільського, що становить (на 01.01.2016 р.), відповідно 790,6 і 367,6 тис. чол. (Миколаївська область) та 1597,0 і 792,9 тис. чол. (Одеська область), а також тенденцію до його скорочення, потреба у воді для господарсько-питного водопостачання, з урахуванням питомих норм водоспоживання, буде становити орієнтовно 100,0 і 210,0 млн м<sup>3</sup>/рік за нинішніх величин на рівні 35,0 і 100,0 млн м<sup>3</sup> відповідно. Відносно низькі значення обсягів використання вод на питні та господарські цілі з тенденцією до їх подальшого скорочення очевидно пов'язані саме з недостатньою доступністю (у тому числі й економічною) до води належної якості для більшості населення, хоча це є одним із завдань Протоколу про воду та здоров'я до Конвенції Європейської Економічної Комісії ООН про охорону та використання трансграничних водотоків та міжнародних озер і Цілі сталого розвитку №6 щодо забезпечення загальної рівності доступу до безпечної і недової питної води для всіх [21].

На наш погляд, основне зростання потреб у воді в середньостроковій перспективі може бути пов'язане, насамперед, з відновленням та розвитком зрошення як в Одеській, так і в Миколаївській областях, що, зокрема, передбачено відповідною концепцією [18] та концептуальними підходами, які закладено в основу Стратегії відновлення роботи та розвитку зрошувальних систем в Україні, що нині опрацьовується за підтримки Світового банку.

Концепцією [18] для відновлення та розвитку зрошення передбачено збільшити площі поливу в Одеській області орієнтовно на 100 тис. га, а в Миколаївській (без урахування Інгулецької зрошувальної системи) – на 40 тис. га. Згідно з Концепцією розвитку мікрозрошення в Україні до 2020 р. [22] прогнозовані площі краплинного зрошення сільськогосподарських культур станом на 2020 р. можуть скласти 40,0-50,0 тис. га в Одеській області та 24,0-30,0 тис. га в Миколаївській області при нинішніх близько 15,0 тис. га і 8,0 тис. га відповідно.

У даний час спостерігається певна тенденція до нарощування площ посівів рису, що пов'язано з наявністю істотного попиту на цю продукцію рослинництва як нині, так і в перспективі. Отже, можна припустити дове-

дення площ рису на існуючих системах не менш як до 5,0 тис. га. Крім того, за експертними оцінками фахівців Інституту рису НААН є доцільність і значні перспективи вирощування рису на підгрунтовому краплинному зрошенні на площах не менше 50,0 тис. га у південних областях, зокрема як в Одеській, так і Миколаївській. Таким чином, можна орієнтуватись на побудову систем краплинного зрошення рису до 30,0 тис. га в кожній з цих областей. Слід зазначити, що необхідність нарощування площ рису пов'язана, окрім іншого, із втратою значної її частини у зв'язку з анексією АПК до Росії.

З урахуванням норм водопотреби різних культур для зрошення їх дощуванням та для краплинного зрошення [19,20], а також вирощування рису як затопленням, так і за краплинного способу, необхідні обсяги води для подачі на зрошувані землі орієнтовно можуть становити близько 1000 млн м<sup>3</sup> (Одеська область) і близько 600 млн м<sup>3</sup> (Миколаївська область), з них на додаткові площі поливу відповідно 750,0 і 500,0 млн м<sup>3</sup>. Отже, для відновлення та розвитку зрошення в Одеському та Миколаївському регіонах, з урахуванням втрат води при транспортуванні, потрібно не менше як 1900 млн м<sup>3</sup> води із джерел, що розташовані поза межами річки Дніпро.

З урахуванням пріоритетності забезпечення населення Одеської та Миколаївської областей, у тому числі тих, хто користується привізною водою, якісною питною водою, низької якості більшості підземних вод у регіоні доцільним шляхом залучення додаткових водних ресурсів для зрошення є, на наш погляд, використання вод р. Дунай, середньорічний стік якої складає у вершині дельти (Рені) близько 200,0 км<sup>3</sup> і близько 125,0 км<sup>3</sup> по Кілійському гирлу (Ізмаїл), а стік маловодного року майже 130,0 км<sup>3</sup> і 95,0 км<sup>3</sup> відповідно. Забір частки цієї води дасть змогу в повному обсязі забезпечити даний регіон.

Водночас слід зауважити, що поліпшення водопостачання населення південно-західного регіону Одеської області, де ресурси підземних вод питної якості або ж незначні, або ж зовсім відсутні, може бути досягнуто також за рахунок використання значних ресурсів питних підземних вод водоносного горизонту в алювіальних відкладах р. Дунай, що потребує введення в експлуатацію розвіданого Придунайського родовища (Ренійський район). Це вимагає значних капітальних вкладень, тому вирішення цього питання можливе тільки на державному рівні.

На наш погляд, дунайською водою першочергово слід було б забезпечити південно-західні маловодні райони Одеської області для відновлення та розвитку там так званого малого (місцевого) зрошення, насамперед краплинного. При цьому доцільність і реалістичність таких проєктів, а також технічні рішення щодо подачі води з річки Дунай мають бути узгоджені з можливістю забезпечити окупність понесених витрат та прийнятну собівартість води. Подачу води на діючі зрошувальні системи області можна здійснювати закритими водоводами великого діаметра.

Враховуючи попередній досвід розроблення проєкту створення водогосподарського комплексу Дунай-Дніпро та часткової його реалізації [23-25], остаточне рішення щодо можливості перекидання стоку річки Дунай у маловодні регіони, з огляду на технічні труднощі реалізації такого проєкту, зокрема щодо способів транспортування та акумуляції води, може бути прийняте, беручи до уваги також неоднозначність впливу такого масштабного заходу на стан довкілля, транскордонний статус басейну р. Дунай, лише після проведення тривалих ґрунтовних комплексних досліджень з екологічного, соціального й техніко-економічного обґрунтування та обговорення його громадськістю.

**Висновки.** Одним із шляхів вирішення проблеми забезпечення населення та галузей економіки, насамперед сільськогосподарської, доступною водою необхідної якості та радикального покращення водно-екологічної ситуації у південному регіоні України, зокрема в Одеській області, за умов зростання посушливості клімату, виснаження та забруднення місцевих водних об'єктів є залучення до використання вод річки Дунай.

Обов'язковими заходами з реалізації ідеї щодо екологічно безпечної та економічно доцільної подачі дунайської води на зрошення полів та водопостачання населених пунктів різних районів Одеської та, можливо, Миколаївської областей мають бути такі:

- детальне оцінювання наявності та потреби у водних ресурсах територій районів, громад та ін. з урахуванням реальних перспектив розвитку зрошення, тваринництва, птахівництва тощо;

- проведення комплексних наукових досліджень щодо можливих наслідків перекидання частини стоку р. Дунай, трансформації її якості тощо;

- розроблення Схеми (Схем) підвищення водозабезпеченості окремих територій Одеської області водами р. Дунай;

- розроблення відповідного техніко-економічного обґрунтування, узгодження його з місцевими громадами, екологічними організаціями;

- узгодження пропонованих заходів, як інфраструктурних проєктів, з програмою заходів Плану управління річковим басейном р. Дунай.

Запропоновані заходи не є вичерпними і можуть доповнюватись та уточнюватись, а їхня реалізація за нинішніх економічних умов – досить складне завдання, але лише поступове нарощування обсягів залучення водних ресурсів р. Дунай, у тому числі й шляхом використання підземних вод Придунайського родовища, дозволить у перспективі створити сприятливі умови для життєдіяльності населення, ефективного використання земель, поліпшити водно-екологічну та соціальну ситуацію в південному регіоні України.

### Бібліографія

1. Дорогуцьов С.І. *Водні ресурси України (проблеми теорії та методології): Монографія / С.І. Дорогуцьов, М.А. Хвесик, І.Л. Головинський – К.: Вид. полігр. центр "Київський університет", 2002. – 227 с.*

2. Данилов-Данильян В.И. *Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. – М.: Наука, 2006 – 221 с.*

3. *Безпека водних ресурсів у глобальному вимірі: [монографія] / [за заг. ред. М.А. Хвесика]. – К.: Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАНУ, 2013. – 500 с.*

4. *Водні ресурси на рубежі ХХ ст.: проблеми раціонального використання охорони та відтворення / За ред. М.А. Хвесика. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 568 с.*

5. *Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом / В.А. Сташук, В.Б. Мокін, В.В. Гребінь, О.В. Чунарьов / За ред. В.А. Сташука. – Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 320 с.*

6. *Indicators and Indices for decision making in water resources management. Water strategy Man. Newsletter. ISSUE 4. JAN-MAR 2004. Available at URL: <http://environ.chemeng.ntua.gr/WSM/Newsletters/Issue4/Indicators.htm>.*

7. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання: Монографія / В.І. Вишневецький. – К.: Віпол, 2000. – 376 с.
8. Чумак Ю.Ю. Господарсько-питне водопостачання та стан поверхневих водойм в Україні / Ю.Ю. Чумак, М.В. Зубко, Р.А. Родина // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України. Збірник тез доповідей наук.-практ.-конф. (двадцяті Марзевські читання). – Вип. 16. – (20-21 жовтня 2016р.). – К.: 2016. – С. 200-202.
9. Питне водопостачання: оцінка якості та напрямів його поліпшення / за наук. ред. Т.П. Галушкіної. – Одеса – Саки: ПП «Підприємство Фенікс», 2010. – 44 с.
10. Екологічний аудит водогосподарських систем / За ред Т.П. Галушкіної / Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень. – Одеса-Саки: ПП «Підприємство Фенікс», 2010. – 402 с.
11. Оцінка можливих змін водних ресурсів місцевого стоку в Україні в XXI столітті / С. Сніжко, М. Яцюк, І. Купріков та ін. // Водне господарство України. – 2012. – №6. – С. 8-16.
12. Чередніченко Ю.Г. Шляхи вирішення проблеми забезпечення населення водою питної якості / Ю.Г. Чередніченко // Сталій розвиток та екологічна безпека суспільства в економічних трансформаціях: матеріали третьої Всеукр. наук.-практ. конф. 15-16 верес. 2011 р., Бахчисарай. – Сімф.: Фенікс, 2011. – С. 293-295.
13. Ромащенко М.І. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення / М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. – К.: Світ, 2000. – 112 с.
14. Ромащенко М.І. Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні. – К.: Аграрна наука, 2012. – 28 с.
15. Справочник по водным ресурсам / Под. ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
16. Шерешевський А.І. Водні ресурси України / А.І. Шерешевський, Л.К. Синицька // Меліорація і водне господарство. – 2006. – Вип. 93-94. – С.52-57.
17. Мінеральні ресурси України. Щорічник. – К.: Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2014. – С. 248-253. – Доступ: [http://geoinf.kiev.ua/M\\_R\\_2014.pdf](http://geoinf.kiev.ua/M_R_2014.pdf).
18. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України. – К.: ЦП «Компринт», 2014. – 28 с.
19. Тимчасові районовані норми водопотреби сільськогосподарських культур для зрошення доцужаванням: рекомендації. – К.: Аграрна наука, 2015. – 24 с.
20. Тимчасові норми водопотреби для краплинного зрошення сільськогосподарських культур в умовах Степу України (Рекомендації). – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 20 с.
21. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей ООН 25 сентября 2015 года. – Доступ: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/285/75/PDF/N1528575.pdf?OpenElement>.
22. Концепція розвитку мікрозрошення в Україні до 2020 р. – К.: ТОВ ДІА, 2012. – 20 с.
23. Пономаренко В.Д. Выбор трассы межбассейновой переброски стока (на примере канала Дунай-Днепр) / В.Д. Пономаренко // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 8. – С. 34-38.
24. Романенко В.Д. Экологические проблемы межбассейновых перебросов стока / В.Д. Романенко, О.П. Окснюк, В.Н. Жукинский и др. – К.: Наукова думка, 1984. – 256 с.
25. Карук Б.П. Пути реализации мероприятий по улучшению водообеспеченности Украинской ССР / Б.П. Карук. – Проблемы рационального использования, охраны и воспроизводства водных ресурсов в Украинской ССР. – Тез. докладов респ. н.-т. конф. – К.: АН УССР, Минводхоз УССР, 1980. – С. 32-34.

**М.І. Ромащенко, А.Н. Шевченко, С.Н. Лютицкий**  
**Состояние и пути повышения водообеспеченности южного региона Украины**  
**водными ресурсами реки Дунай**

Рассмотрены современный уровень обеспеченности юга Украины местными и транзитными водными ресурсами, прогнозный территориальный и отраслевой дисбаланс между их наличием и потребностью, а также целесообразность и возможность повышения водообеспеченности населения и отраслей экономики, водной безопасности региона путем использования вод реки Дунай.

**M.I. Romashchenko, A.M. Shevchenko, S.M. Lutnitskiy**  
**State and ways of enhancing the water supply of the southern region of Ukraine**  
**by using the water resources of the Danube River**

*The current state of water supply in the south of Ukraine with local and transit water resources, the forecast territorial and sectorial imbalance between their availability and need for them, as well as expediency and possibility of increasing water availability of the population and sectors of the economy, water security of the region through the use of the waters of the Danube River are considered.*

УДК 631.4: 631.47

## ОЦІНЮВАННЯ ЗАПАСІВ ПРІСНОЇ ВОДИ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

**О.В. ВЛАСОВА**, канд. с.-г. наук,  
**А.М. ШЕВЧЕНКО**, канд. с.-г. наук,  
**Р.П. БОЖЕНКО**

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Наведено методика визначення доступних водних ресурсів і обсягів їх використання за показниками кількості води, її мінливості та якості, підвищення обізнаності громадськістю про водні проблеми, доступу до води і уразливості екосистем. На базі «Атласу водного ризику» (інтерактивної карти) за описаною методикою проведено оцінювання забезпеченості південних регіонів України прісною водою на прикладі даних 2015 р.*

**Ключові слова:** водні ресурси, запаси прісної води, загальна і доступна «блакитна» вода, оцінювання водного ризику, фізичні ризики.

**Постановка питання.** На фоні регіональних проявів глобальних змін клімату зі зростанням його посушливості очікується загострення проблеми забезпечення населення та галузей економіки якісними водними ресурсами. Особливо це стосується запасів прісної води, проблема визначення яких завжди була і лишається актуальною [1]. Для її вирішення розробляються моделі та спеціальні програмні продукти, які ґрунтуються на створенні оригінальних наборів даних для оцінки доступності водних ресурсів і їх використання. Однією з таких програм є «Атлас водного ризику» (інтерактивна карта), розроблений Інститутом світових ресурсів (The World Resources Institute, WRI) [2].

Оскільки південні регіони України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області) характеризуються переважно низькою забезпеченістю власними (місцевими) водними ресурсами, істотним погіршенням якості води в основних джерелах водопостачання та значною потребою у воді, то метою роботи є проведення для цих регіонів оцінювання запасів прісної води за укрупненими даними «Атласу водного ризику».

**Методика досліджень.** Визначення запасів прісної води за укрупненими даними ведеться за спеціальною методикою у програмному комплексі Global Maps 2.1. Укрупнені дані – це такі, які отримано з джерел вільного доступу, а саме:

- макромасштабна гідрологічна модель водозбірних басейнів VIC [3];
- міжнародний аналіз наявних ресурсів прісної води [4];
- статистичні дані про населення світу з прив'язкою до сітки [5];
- композитні дані Національного центру геофізичних досліджень (NGDC - NOAA) [6];

– інтерактивна карта «Зрошувані території країн світу» [7];

– статистичні дані про зрошувані сільськогосподарські території (FAO) [8];

– каталог показників: валовий внутрішній продукт, міське населення, землі сільськогосподарського призначення, викиди CO<sub>2</sub> (Всесвітній банк) [9; 10];

– база даних: опадів, відновлення водопостачання, зрошуваних площ (FAO) [11].

Методика передбачає визначення доступних водних ресурсів і обсягів їх використання за показниками кількості води, її мінливості та якості, підвищення обізнаності громадськістю про водні проблеми, доступу до води і уразливості екосистем.

Оцінювання запасів прісної води виконується для великих водозбірних територій (басейнів) з деталізацією просторових даних (розбивкою по секторах) на основі моделей регресії і здійснюється за такими підходами:

– оцінювання водних ресурсів (водонадходження),

– оцінювання водного ризику.

Оцінювання водних ресурсів (водонадходження) проводиться за двома показниками: загальною «блакитною» водою і доступною «блакитною» водою. Загальна «блакитна» вода (B<sub>t</sub>) – це природний річковий стік, в якому не враховується забір води на водоспоживання. B<sub>t</sub>(i) – загальний річковий стік перед водозбором плюс стік у межах басейну, що розраховується за формулою [2]:

$$B_t(i) = R_{up}(i) + R(i), \quad (1)$$

де R<sub>up</sub>(i) – сумарний стік вищих за течією водозборів, який визначається як: R<sub>up</sub>(i) = ∑ B<sub>t</sub>(I<sub>up</sub>), де I<sub>up</sub> – кількість водозборів перед водозбором;

R(i) – стік у межах басейну, який моделюється за підходом «від водозбору до водо-

збору», тобто накопичується у межах одного басейну і транспортується до наступного, який визначається як:  $R = P - ET - (\Delta S)$ , де  $R$  – стік наявних водних ресурсів ландшафту,  $P$  – кількість опадів,  $ET$  – евапотранспірація,  $\Delta S$  – зміна вологозапасів у ґрунті.

Для водозборів першого порядку (у верхів'ї)  $R_{up}(i) = 0$ , а загальна «блакитна» вода є обсягом стоку в басейні.

Доступна «блакитна» вода ( $B_a$ ) – це наявний об'єм поверхневих вод з урахуванням водоспоживання, що розраховується за формулою [2]:

$$B_a(i) = R(i) + \sum Q_{out}(I_{up}), \quad (2)$$

де:  $Q_{out}$  – обсяг води, що надходить з попереднього до наступного водозбірному басейну, який визначається як:  $Q_{out}(i) = \max(B_a(i) - U_c(i))$ , де:  $U_c(i)$  – водоспоживання.

Для водозборів першого порядку (у верхів'ї)  $\sum Q_{out} = 0$ , а доступна «блакитна» вода є стоком.

Наступним підходом є оцінювання водного ризику, який містить глобальні показники, що згруповані у три категорії ризиків: фізичні ризики кількості (PRQ), фізичні ризики якості (PRQu), нормативні ( $R_{reg}$ ) і репутаційні ( $R_{rep}$ ), а також один загальний бал OVR (Overall Water Risk), за яким визначаються області з найбільшою нестачею водних ресурсів (рис. 1).

Згідно з методикою, першою категорією ризиків є фізичні ризики кількості (PRQ), які визначаються за відношенням кількості виявлених проблемних областей до кількості водонадходження, зокрема посух або повеней, що може вплинути на короткострокові і довгострокові доступні водні ресурси. Фізичні ризики кількості визначають за показниками:

– базового рівня водного стресу, що є відношенням загального річного забору води на муніципальні, промислові і сільськогосподарські потреби, вираженого у відсотках, до загального щорічного водонадходження. Більш високі значення вказують на посилення конкуренції між водокористувачами;

– міжрічної мінливості водних ресурсів, що є показником зміни кількості водонадходження на дану територію з року в рік;

– сезонної мінливості водних ресурсів, що є показником зміни кількості водонадходження на дану територію між місяцями року;

– виникнення повеней, що є підрахунком кількості повеней, зареєстрованих з 1985 р. по теперішній час;

– тривалості посухи, що є відрізком часу тривалості посухи з 1901 р. по теперішній час і визначається як безперервний період, коли вологість ґрунту залишається нижче 20 % (тривалість вимірюється у місяцях, а посушливість числом відсотків нижче 20%);

– водонадходження з басейнів верхів'я. Більш високі значення вказують на території, що потерпають під посух або повеней;

– стресу ґрунтових вод, що є відношенням відносного рівня ґрунтових вод до швидкості вторинного поповнення ґрунтів водою.

Другою категорією ризиків є фізичні ризики якості (PRQu), тобто такі, що пов'язані з екологічним станом середовища, що впливає на якість вод та короткострокову і довгострокову її доступність. Фізичні ризики якості визначають за показниками:

– якості стічних вод при повторному водокористуванні і заходів з їх очищення. Більш високі значення вказують на більш високу

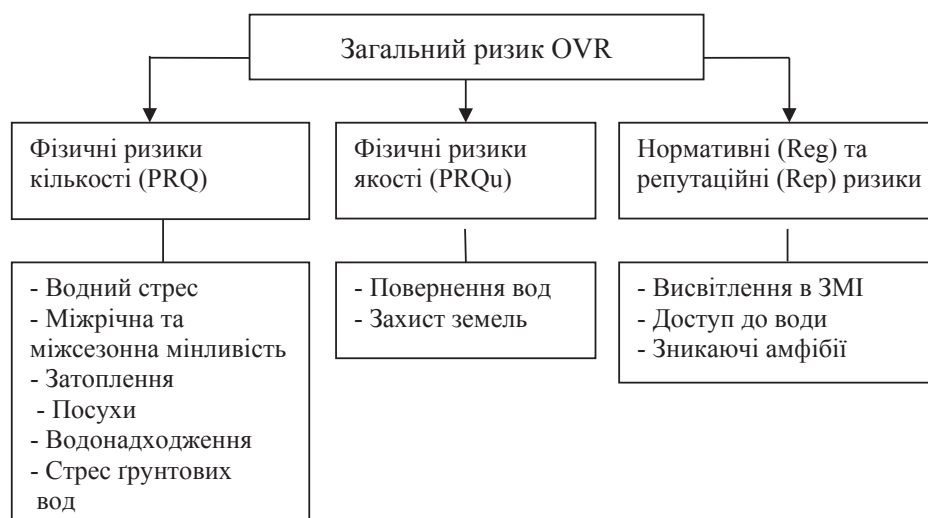


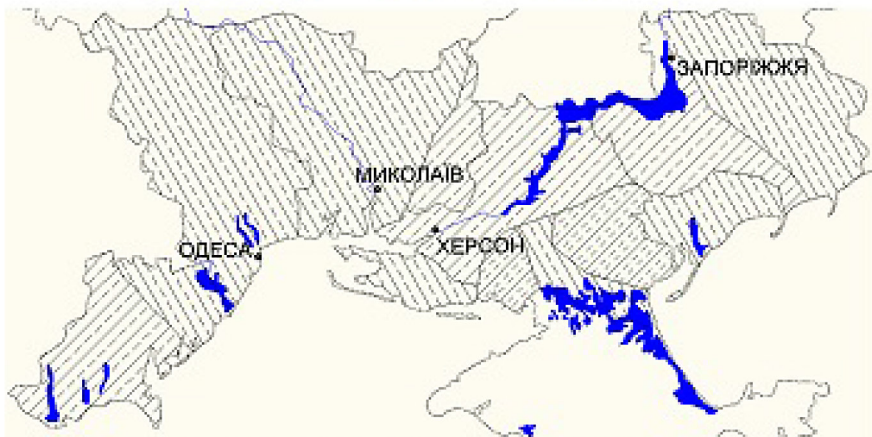
Рис. 1. Структура оцінювання водного ризику [1]



Залучення водних ресурсів на потреби енергетики



Залучення водних ресурсів на продовольство і питні потреби



Залучення водних ресурсів у сільському господарстві

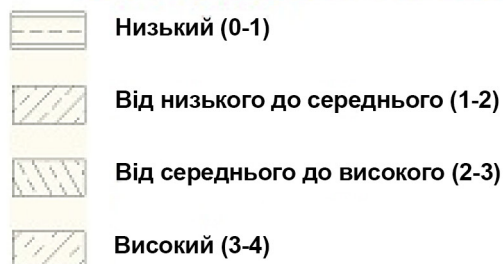


Рис. 2. Чинники, що впливають на формування передумов ризиків у південних регіонах України (Миколаївської, Запорізької, Херсонської та Одеської областей) у 2015 р.



залежність від очисних споруд і потенційно більш низьку якість води в районах з нерозвинутою інфраструктурою водоочищення;

– ступенем захисту земель від забруднення (охоронювані землі), що виражений у відсотках. Низькі значення вказують на області з негативними змінами при землекористуванні, які можуть вплинути на прісноводні екосистеми та якість і кількість води, що надходить до наступних басейнів.

Третьою категорією ризиків є регулюючі та репутаційні, які орієнтовані на виявлення недоліків в нормативно-правових документах та врегулювання конфліктів з громадськістю щодо питань використання водних ресурсів. Регулюючі та репутаційні ризики визначають за показниками:

– висвітлення у засобах масової інформації (ЗМІ) питань водокористування, яке вимірюється у відсотках. Більш високі значення вказують на області з вищою обізнаністю громадськості щодо водних проблем, отже існують більш високі репутаційні ризики для тих, хто не збалансовано управляє водними ресурсами;

– доступу до води, що виражений у відсотках кількості населення, яке не має доступу до

поліпшених джерел питної води. Більш високі значення вказують на області, де люди мають менший доступ до якісної питної води, а також вказує на високі репутаційні ризики для тих, хто використовує воду не належним чином;

– наявності зникаючих амфібій, що виражено у відсотках кількості прісноводних видів амфібій, які знаходяться під загрозою вимирання. Більш високі значення вказують на більшу крихкість прісноводних екосистем.

**Результати та їх обговорення.** Для оцінювання запасів прісної води півдня України на прикладі даних 2015 р. нами використано підхід «оцінювання водного ризику». Для цього в Інтернеті в режимі вільного доступу використано «Атлас водного ризику», в якому згруповано такі ідентифікуючі показники: фізичні ризики кількості (базисний водний стрес, міжрічна мінливість, сезонна мінливість, виникнення повеней); фізичні ризики якості (повторне підняття рівнів вод, захист територій від підтоплення); нормативні та репутаційні ризики (висвітлення в ЗМІ, доступні водні ресурси). У ході розрахунків використано низку оцінок часових рядів, просторову регресію і гідрологічну модель для створення нових наборів даних водонад-



Рис. 3. Базисний водний стрес південних регіонів України (Миколаївської, Запорізької, Херсонської та Одеської областей) у 2015 р.

ходження і використання водних ресурсів.

За результатами досліджень визначено, що чинниками, які впливають на формування передумов ризиків у південних районах України, є залучення водних ресурсів на потреби енергетики, сільського господарства, продовольство, міжрічна та міжсезонна мінливість, виникнення повеней, повторне підняття рівнів ґрунтових вод, захищеність територій від підтоплення, вільний доступ до води та базисний водний стрес (рис. 2, 3).

У результаті проведених розрахунків отримано розподіл показників величин ризиків наявності прісної води та визначено, що фізична величина ризику кількості на 8,2 % перевищує фізичну величину якості (рис. 4).

**Висновки.** При проведенні оцінювання наявних запасів прісної води встановлено, що основними чинниками, які впливають на формування передумов ризиків у південних районах України, є залучення водних ресурсів на потреби енергетики, сільського господарства, продовольство та базисний водний стрес. Необхідність визначати фізичні ризики кількості обумовлена їх впливом на короткостроковий і довгостроковий доступ до води (у певні сезони або інші часові інтервали), а фізичні ризики якості – впливом на якість вод та її доступність, оскільки вони пов'язані з екологічним станом середовища.

Визначено, що фізична величина ризику на 8,2 % перевищує фізичну величину якості, що свідчить про якість наявних прісних водних ресурсів у південних регіонах України, зокрема у Миколаївській, Запорізькій, Херсонській та



**Рис. 4. Показники величин ризиків наявності прісної води для України у 2015 р.:**

*фізична величина ризику: від низького до середнього (2-1); фізичний показник якості ризику: від середнього до високого (2-3); загальний ризик: від низького до середнього (2-1)*

Одеській області. Проте відсутність даних про якість води у межах басейнів малих річок є основним стримуючим фактором у точності розрахунків.

Проведені дослідження показали ефективність використання «Атласу водного ризику» при оцінюванні запасів прісної води півдня України в якості оцінювально-інформативного інструменту. Корисним виявився комплексний показник, що містить відомості про якість води, зміну клімату та зростаючий попит на воду при перетворенні гідрологічних даних в інтуїтивні показники, які пов'язані з водними ризиками.

#### Бібліографія

1. Переосмислення водної безпеки для України. Т.І. Адаменко, А.О. Демиденко, М.І. Ромащенко [та ін]. – К. – 2016. – 19 с.
2. Атлас водного ризику (інтерактивна карта). Режим доступу <http://www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas>.
3. Reservoir basins and determination of their demarcation are performed according to a macroscale hydrological model. Y. Masutomi, Y. Inui, K. Takahashi, 2009. Режим доступу [http://www.cger.nies.go.jp/db/gdbd/gdbd\\_index\\_e.html](http://www.cger.nies.go.jp/db/gdbd/gdbd_index_e.html).
4. International analysis of available freshwater resources. P. H. Gleick, 2011. Режим доступу <http://www.worldwater.org/data.html>.
5. Statistical data on the population of the world with anchoring to the grid. Gridded Population of the World, 2005. Режим доступу <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw>.
6. Національний центр геофізичних досліджень (NGDC - NOAA). – 2010. Режим доступу <http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/downloadV4composites.html>.
7. Irrigated territories of the world. (Global irrigation areas), 2007. Режим доступу <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index60.stm>.
8. Irrigated agricultural areas (FAO), 2009. Режим доступу <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
9. Mapping existing irrigation systems. K. Freydank, S. Siebert, 2008. Режим доступу <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/docId/5916>.

10. *Index of Indicators: Gross Domestic Product, Urban Population, Agricultural Land, CO2 Emissions (World Bank)*. Режим доступу <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>.

11. *Precipitation, Water Rehabilitation, Irrigation Area (FAO), 2012*. Режим доступу <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/index.stm>.

**О.В. Власова, А.М. Шевченко, Р.П. Боженко**

**Оценка запасов пресной воды юга Украины**

*Приведена методика определения доступных водных ресурсов и объемы их использования по показателям количества воды, ее изменчивости и качества, повышение осведомленности общественностью о водных проблемах, доступа к воде и уязвимости экосистем. На базе «Атласа водного риска» (интерактивной карты) по описанной методике выполнена оценка обеспеченности южных регионов Украины пресной водой на примере данных 2015 года.*

**O.V. Vlasova, A.M. Shevchenko, R.P. Bozhenko**

**Estimation of fresh water resources in the south of Ukraine**

*The method of determining available water resources and the volumes of their use are presented. The methodology uses indicators: water quantity and quality, variability, raising public awareness of water problems, access to water and vulnerability of ecosystems. On the basis of the «Atlas of Water Risk» (interactive map), based on the described method, an assessment of the availability of fresh water in southern regions of Ukraine was made using the example of data for the year 2015.*

УДК 556.18

## ПРОМИВКА ВОДОСХОВИЩ НА Р. РОСЬ ЯК ЗАСІБ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

**П.О. БАБІЙ**

Басейнове управління водних ресурсів р. Рось,

**В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ**, док. геогр. наук,

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Наведено відомості про гідрохімічні характеристики р. Рось та чинники, що на них впливають. Показано доцільність промивки водосховищ, яка дає змогу поліпшити якість води в річці у період, коли вона є найгіршою.*

**Ключові слова:** річка Рось, якість води, промивка водосховищ.

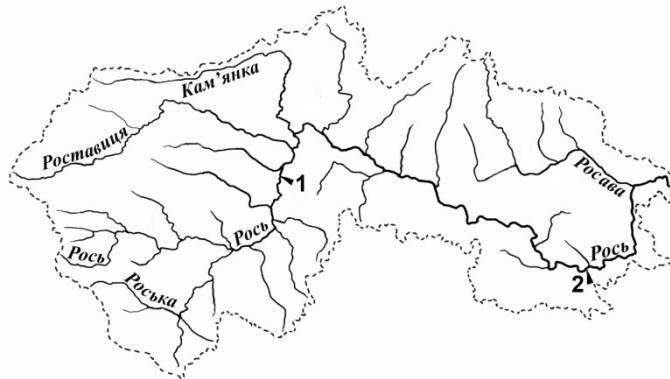
**Вступ.** Річка Рось – одна з найвідоміших і водночас найбільших приток Дніпра в межах України. Характерною особливістю річки є її значне використання в різних сферах: у господарсько-питному і промисловому водопостачанні, гідроенергетиці, рибному господарстві, рекреації. Крім того, річка зазнала дуже значного зарегулювання. Лише на самій Росі створено 10 водосховищ. Усі ці чинники зумовили те, що істотно змінився не лише водний режим річки, а й якість її води. Особливо гострою стає ситуація в літньо-осінню межень, коли зростає частка стічних вод. Це і визначило актуальність досліджень, спрямованих на пошук засобів, які здатні поліпшити якість води – насамперед в умовах, коли вона є найгіршою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання якості води в р. Рось висвітлено в кількох працях [1–6], зокрема тих, що побачили світ останнім часом. Ці публікації свідчать про те, що якість води у річці порівняно невисока – насамперед у літньо-осінню межень. Встановлено також, що за довжиною

річки якість води неоднакова: внаслідок скидів комунальних і промислових підприємств вона погіршується за течією річки. Певну роль відіграють і кліматичні чинники. Невелика водність річки в останнє десятиліття призвела до погіршення середньорічних показників якості води [4].

Існують наукові праці, які стосуються питання промивки водосховищ – насамперед з метою видалення донних відкладів. Однією з небагатьох праць, в якій розглянуто вплив скидів на якість води, є стаття [7]. Встановлено, що штучне збільшення скидних витрат зменшує концентрацію сполук азоту і фосфору в нижньому б'єфі.

**Методи досліджень.** Основним джерелом даних для написання цієї статті стали результати моніторингу якості води. На більшості пунктів спостережень він виконується чотири рази на рік, але на кількох – щомісяця. Останнє, зокрема, стосується питних водозаборів міст Біла Церква і Корсунь-Шевченківський, які розташовані відповідно на Білоцерківському верхньому і Корсунь-

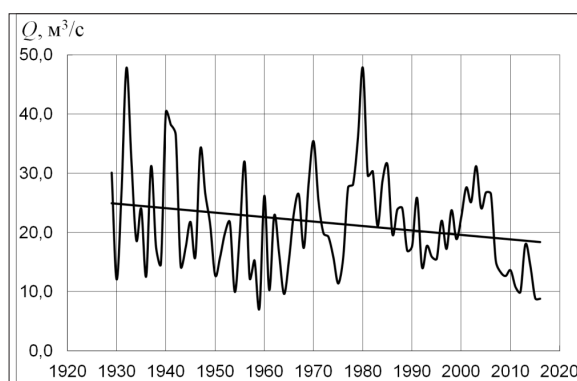


**Рис. 1. Басейн р. Рось та найважливіші пункти спостережень за якістю води:**

1 – питний водозабір м. Біла Церква у с. Глибичка,  
2 – питний водозабір м. Корсунь-Шевченківський

Шевченківському водосховищах. Саме ці дані і були в основному використані для опрацювання. Крім того, виконано аналіз низки проб води, які було відібрано з різних глибин водосховищ, а також води, що скидалася під час їх промивок (рис. 1).

**Гідрометеорологічні умови.** Водність р. Рось в останнє десятиліття виявилася істотно меншою за норму. Зокрема в 2015–2016 рр. середньорічна витрата води на посту Корсунь-Шевченківський, який замикає більшу частину річкового басейну, становила відповідно 8,92 і 8,83 м<sup>3</sup>/с при нормі 21,6 м<sup>3</sup>/с (рис. 2).



**Рис. 2.** Багаторічні зміни середньорічних витрат води р. Рось на посту Корсунь-Шевченківський

Протягом року найменші витрати води в р. Рось звичайно спостерігаються в літньо-осінній межень. У серпні водність річки, як правило, є найменшою (рис. 3).

Не стали винятком й останні роки, коли наприкінці літа витрати води зменшилися до таких, яких не було кілька десятиліть. У м. Корсунь-Шевченківський у серпні 2015 р. середня витрата становила 3,37, у серпні 2016 р. – 3,12 м<sup>3</sup>/с, у серпні 2017 р.

навіть менше за 3,0 м<sup>3</sup>/с. Це менше за норму приблизно в 5 разів.

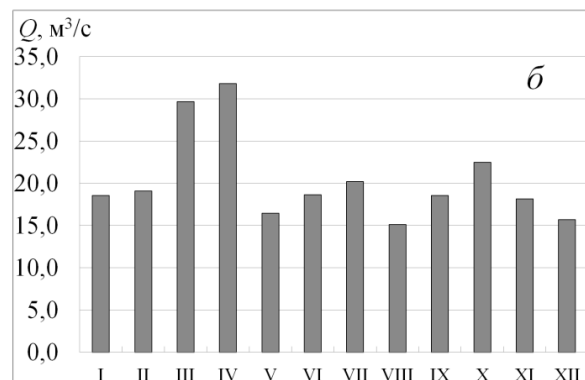
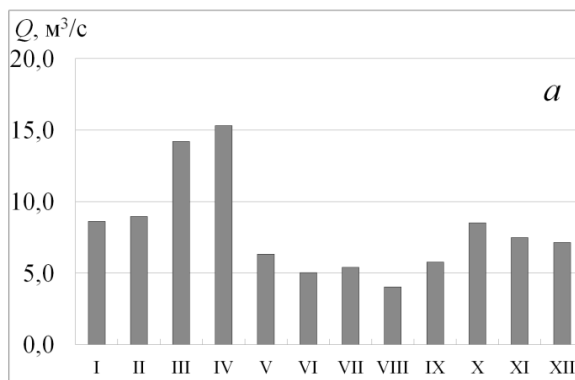
Особливістю останніх років була не лише невелика середньорічна водність Росі, а й незначне водопілля, коли максимальні витрати лише трохи перевищували середні багаторічні значення.

Останні роки виявилися також істотно теплішими за звичайні. Середня температура повітря в 2015–2017 рр. була вищою за норму приблизно на 2 °С. Те саме стосується теплового періоду цих років. У вересні 2015 р. температура перевищила норму майже на 4 °С: того місяця середня температура в м. Біла Церква становила 17,6 °С при нормі 13,8 °С. У 2015–2017 рр. неодноразово фіксувалися рекорди температури повітря, яка в окремі дні сягала 35 °С і навіть вище. Усе це, звісно, не могло не позначитися і на якості води.

#### **Висвітлення основних результатів.**

Спостереження на р. Рось показують, що найгірша якість води звичайно спостерігається в літньо-осінній межень, коли найменшими є витрати води і водночас найвищою є її температура. У цей же час найбільшою є й частка стічних вод. Особливо це характерно для середньої та нижньої течії річки, куди надходять стічні води м. Біла Церква, Богуслава і ще кількох міст. Річний обсяг цих скидів приблизно становить 15 млн м<sup>3</sup>, що відповідає витраті 0,5 м<sup>3</sup>/с. До цього додаються скиди кількох промислових підприємств. Як наслідок у липні–вересні частка стічних вод звичайно перевищує 10% загального стоку. За цих умов невеликою стає концентрація розчиненого кисню, водночас зростає концентрація органічних речовин, фосфатів, багатьох інших показників (рис. 4 – рис. 6).

Наведені рисунки свідчать про те, що існують певні внутрішньорічні особливості якості води і водночас факт її погіршення вниз



**Рис. 3.** Внутрішньорічний розподіл стоку р. Рось на гідрологічних постах Фесюри (а) і Корсунь-Шевченківський (б) протягом 1981–2016 рр.

за течією. Останнє насамперед характерно для концентрації фосфатів, уміст яких відображає вплив комунально-побутових стоків.

Цікаво, що саме в літні місяці, а також у вересні спостерігається зменшення концентрації сполук азоту, що звичайно пов'язують з їх поглинанням вищою водною рослинністю (рис. 7).

Значні просторово-часові коливання якості води становлять не лише науковий інтерес. Дуже важливим є те, що вода з р. Рось використовується в багатьох сферах, а головне – для господарсько-питного водопостачання.

У цьому разі доцільним є порівняння показників якості води з відповідними документами, зокрема Санітарними правилами і нормами охорони поверхневих вод від забруднення. Згідно з цим документом, гранично допустимі концентрації (ГДК) для водойм господарсько-питного призначення такі: розчинений кисень – понад 4 мг/дм<sup>3</sup>; сума іонів – 1000 мг/дм<sup>3</sup>; хлориди – 350; сульфати – 500; БСК5 – 3,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; ХСК – 15,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; іон амонію – 1,5 мг/дм<sup>3</sup>; нітрити – 1,0, нітрати – 10; фосфати – 3,5; марганець – 0,1; залізо загальне – 0,3, нафтопродукти –

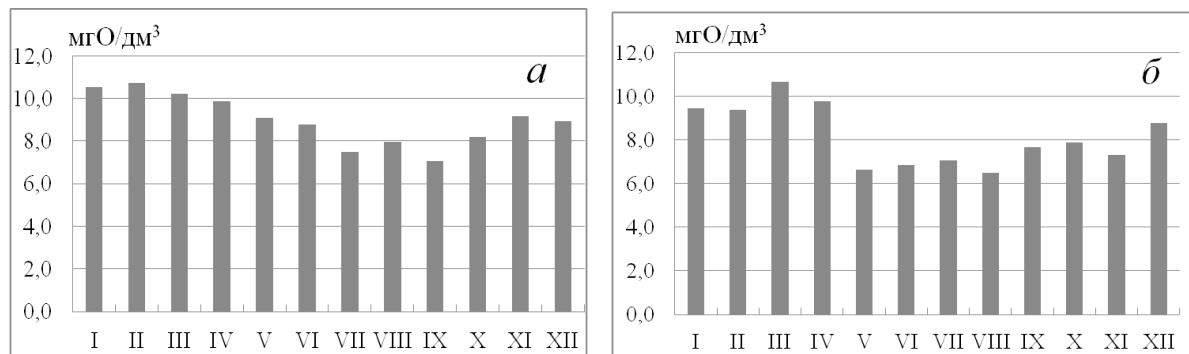


Рис. 4. Внутрішньорічний розподіл концентрації розчиненого кисню в р. Рось у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б), 2007–2016 рр.

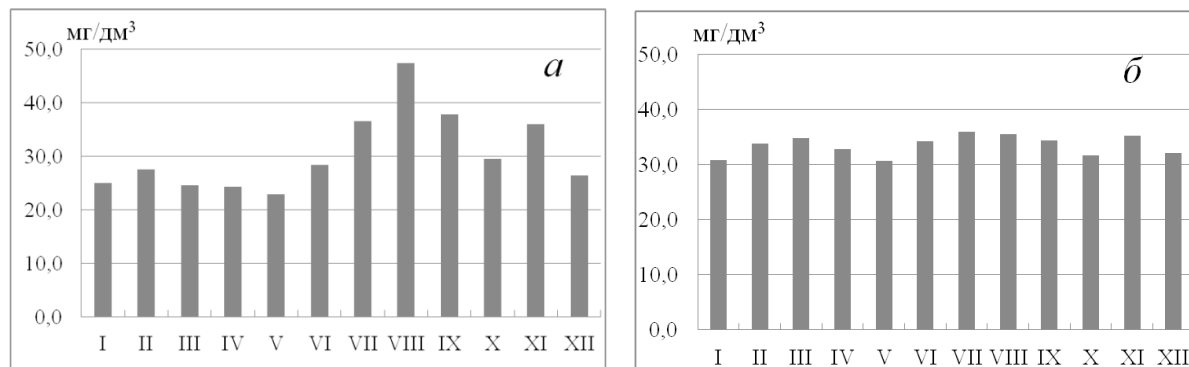


Рис. 5. Внутрішньорічний розподіл показника ХСК у р. Рось у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б), 2007–2016 рр.

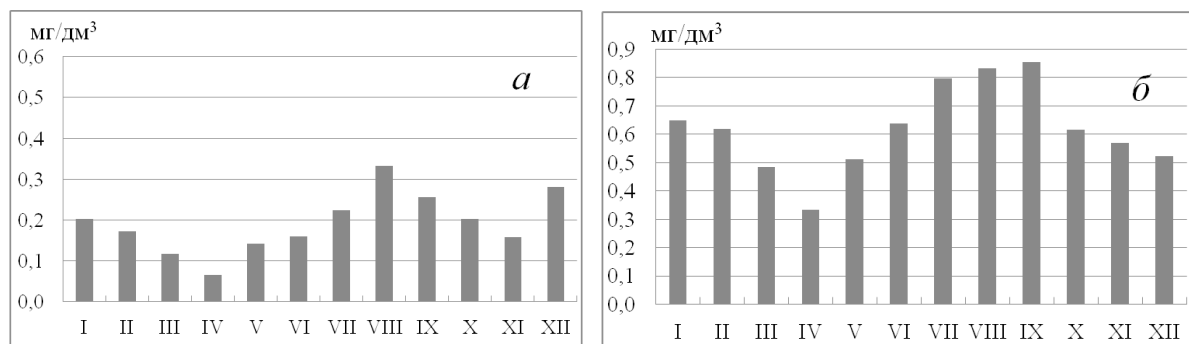


Рис. 6. Внутрішньорічний розподіл концентрації фосфатів у р. Рось у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б), 2007–2016 рр.

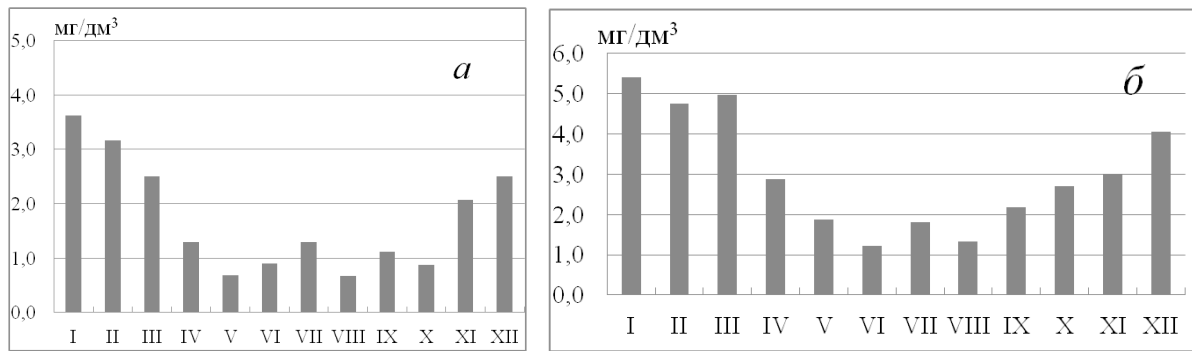


Рис. 7. Внутрішньорічний розподіл концентрації нітратів у р. Рось у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б), 2007–2016 рр.

0,05 мг/дм<sup>3</sup>. У найбільш напружений період року концентрація розчиненого кисню та особливо показник ХСК можуть виходити за межі наведених ГДК. В окремих випадках це стосується й інших показників.

Розв'язати проблему невисокої якості води, чи, принаймні, зменшити її гостроту можна кількома шляхами. Одним із них є спрацювання наявних водосховищ і в такий спосіб збільшення витрат у межень. Насправді, такий захід на р. Рось хоч і здійснюється, але істотно вплинути на її водність не може. Це зумовлено тим, що наявні на річці водосховища мають невеликий регулюючий об'єм. Крім того, виконувати спрацювання водосховищ складно й тому, що лише невелика їх частина перебуває на балансі Басейнового управління водних ресурсів р. Рось. До того ж цьому перешкоджає й конструкція деяких гідровузлів. Фактично шляхом спрацювання водосховищ можна збільшити водність річки в меженних умовах щонайбільше на 2–2,5 м<sup>3</sup>/с.

Ще одним напрямком поліпшення якості води є боротьба з її забрудненням – насамперед унаслідок скидів, зокрема несанкціонованих. Але і цей напрямок має певні обмеження, оскільки Держводагентство, а отже й БУВР р. Рось не мають достатніх повноважень щодо контрольних функцій за скидами.

Але існує ще один шлях поліпшення якості води, яким уже майже 10 років користуються на р. Рось. Його сутність – промивка водосховищ, а отже й більшої частини довжини річки у період, коли водність річки є доволі значною. Ефективність цього заходу ґрунтується на тому, що якість води у товщі водосховищ неоднакова: у придонних шарах вона гірша, ніж біля поверхні. Так, у працях [3, 6] показано, що концентрація розчиненого кисню за глибиною водосховищ може різнитися в кілька разів. Отже, скидаючи воду з

придонних шарів водосховищ, можна поліпшити якість води в цілому.

Головним джерелом води для промивок є доволі значне Білоцерківське верхнє водосховище. Воно розташовано дещо вище за течією від м. Біла Церква і слугує основним джерелом питної води для міста. Нижче за течією розташовано ще кілька водосховищ (Білоцерківське середнє, Білоцерківське нижнє, Дибинецьке, Богуславське, Стеблівське і Корсунь-Шевченківське), з яких найбільшим є Стеблівське. Промивка починається з Білоцерківського верхнього водосховища із

#### 1. Дати промивок з розташованих на р. Рось водосховищ

Рік	Водосховище		
	Білоцерківське верхнє	Стеблівське	Корсунь-Шевченківське
2009	30.03	1.04	1.04
2010	8.04	1.04	1.04
	4.10	6.10	6.10
2011	11.04	13.04	13.04
	30.11	2.12	2.12
2012	9.04	11.04	11.04
	23.10	25.10	25.10
2013	28.10	28.09	28.09
2014	7.04	9.04	9.04
	10.11	12.11	12.11
2015	30.03	1.04	1.04
2016	29.03	31.03	31.03
	24.10	27.10	27.10
2017	22.03	24.03	24.03
	14.11	16.11	16.11

врахуванням швидкості добігання і продовжується на інших. Важливо, що скид води здійснюється з придонних шарів. Для цього піднімають один із затворів на гідровузлах. Уперше промивку на Росі виконали навесні 2009 р. і з того часу вона відбулася 15 разів (табл. 1).

Наведені в таблиці дані показують, що дати промивок на Стеблівському і Корсунь-Шевченківському гідровузлах, порівняно з датами на Білоцерківському верхньому,

звичайно зміщені на дві доби. Це відповідає часу добігання води між гідровузлами.

Протягом періоду здійснення промивок зазвичай їх виконували двічі на рік. Винятком були 2009 і 2015 роки, коли восени спостерігалася невелика водність.

Важливим питанням промивок Росі та створених на ній водосховищ є скидні витрати. Їх обсяг лімітований умовами, аби ці витрати не завдавали шкоди. Зокрема пішохідний місток,

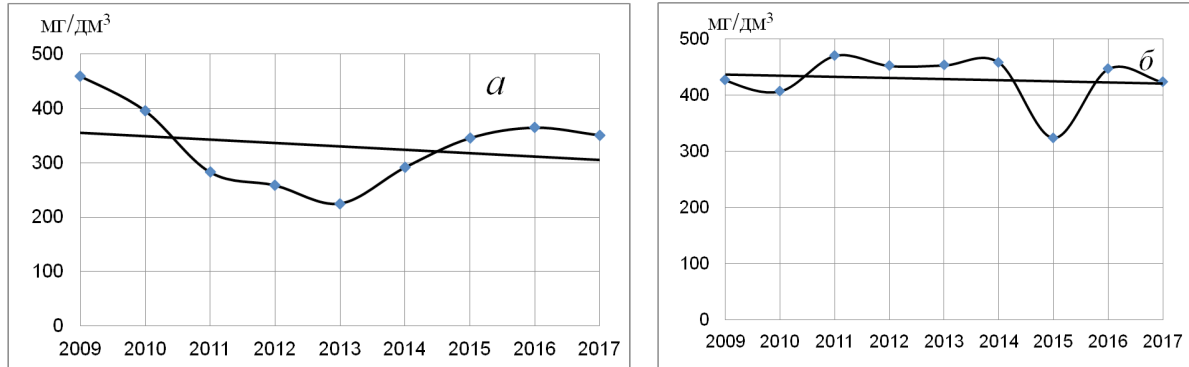


Рис. 8. Зміни в часі сухого залишку в р. Рось протягом липня–вересня: у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б)

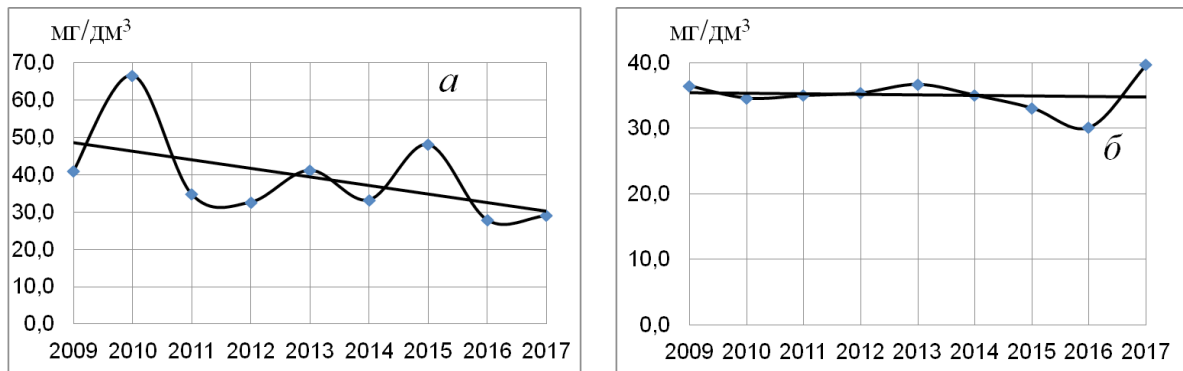


Рис. 9. Зміни в часі показника ХСК у р. Рось протягом липня–вересня: у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б)

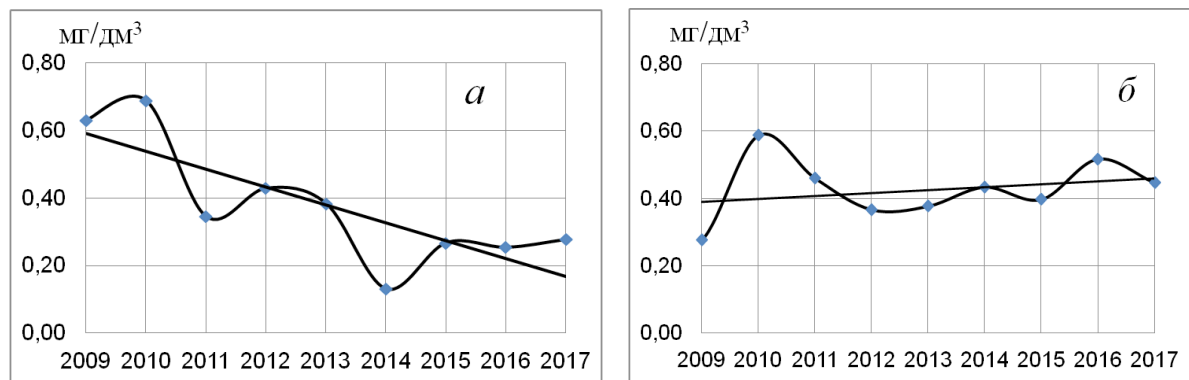


Рис. 10. Зміни в часі концентрації азоту амонійного протягом липня–вересня: у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б)



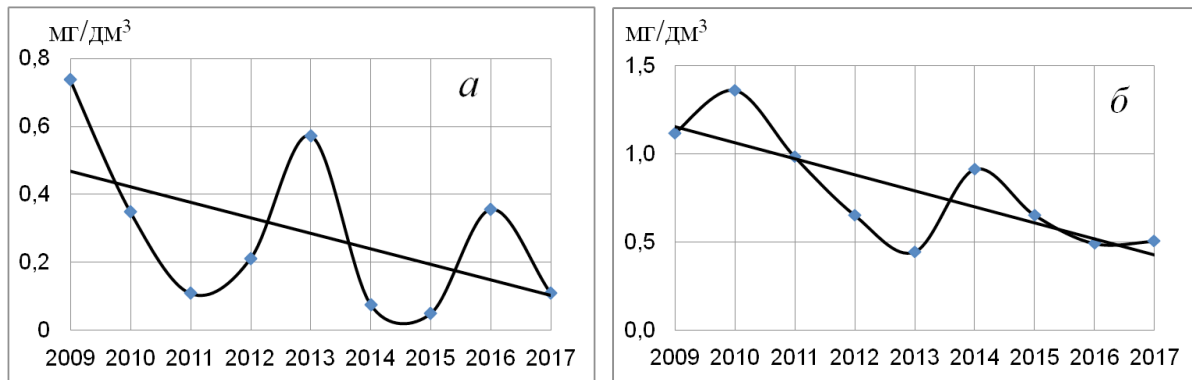


Рис. 11. Зміни в часі концентрації фосфатів протягом липня–вересня: у с. Глибичка (а) і м. Корсунь-Шевченківський (б)

влаштований на греблі Білоцерківського середнього водосховища, залишається придатним для використання при максимальних витратах 110–120 м<sup>3</sup>/с. Це є максимум скидних витрат з Білоцерківського верхнього водосховища. Близьких витрат доцільно дотримуватися і на гідровузлах, розташованих нижче за течією. Задля зменшення “холостих” скидів усі ГЕС працюють на повну потужність.

Термін виконання промивок має бути близьким до періоду підвищеної водності. Зокрема, промивка виконується навесні, коли на річці спостерігається водопілля. Осінню промивку звичайно виконують, коли на річці зростає водність унаслідок осінніх дощів.

Оскільки скид води з водосховищ потребує певних організаційних заходів, найпростіше його виконувати упродовж одного робочого дня: починати вранці і закінчувати о 16–17 год. Тривалість промивки становить близько 7 год, а сумарний об’єм скиду 2,5–3,0 млн м<sup>3</sup>. За такого об’єму скиду частка, що проходить повз ГЕС, є мізерною, адже річний стік Росі в сотні разів більший.

Наявні дані свідчать про те, що здійснені промивки сприяли поліпшенню якості води у найскладніший період року, а саме в липні–вересні. У цьому можна пересвідчитись з аналізу наведених даних (рис. 8 – рис. 11).

Звернімо увагу, що позитивні зміни якості води відбулися за вкрай несприятливих природних умов, а саме невеликої водності

річки та високої температури повітря, які спостерігалися у літньо-осінню межень 2015–2017 рр. Водність річки в цей час була в 4–5 разів менша за норму і забезпечувалася переважно спрацюванням водосховищ. За таких умов навіть збереження стабільної якості води є досягненням.

Позитивний вплив на якість води мають й осінні промивки. Вони, зокрема, дають змогу зменшити обсяг органічних решток, накопичених протягом теплого періоду. Завдяки осіннім промивкам зменшується кольоровість води у зимовий період. Крім того, простежується позитивний вплив на показник ХСК, а також концентрацію біогенних речовин.

**Висновки.** Важливою особливістю р. Рось є її значне використання в багатьох сферах, зокрема у господарсько-питному водопостачанні. Водночас якість води в річці є порівняно невисокою, насамперед у літньо-осінню межень. У цей час показники якості води часто бувають гіршими за ГДК. Ефективним заходом поліпшення якості води в цей період є попередня промивка наявних на Росі водосховищ, починаючи з Білоцерківського верхнього. Важливим є те, що вода скидається з придонного шару водосховищ, де її якість гірша, ніж у всій товщі. Виконання промивок дає змогу поліпшити якість води в літньо-осінню межень – і це навіть за умов значного маловоддя та високих температур повітря, які спостерігалися останніми роками.

#### Бібліографія

1. Бабій П. Робота Басейнового управління водних ресурсів річки Рось з поліпшення якості води // *Водне господарство України*. – 2012. – Вип. 2. – С. 42–45.
2. Бабій П. Басейновий принцип управління водними ресурсами басейну річки Рось // *Водне господарство України*. – 2015. – Вип. 2. – С. 21–26.
3. Бабій П.О., Вишневецький В.І., Шевчук С.А. Річка Рось та її використання. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2016. – 128 с.

4. Бабій П.О., Гребінь В.В., Хільчевський В.К. Характеристика хімічного складу р. Рось (за даними моніторингу Басейнового управління водних ресурсів) // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2017. – Т. 1(44). – С. 62–75.
5. Вишневський В.І., Шевчук С.А., Шевченко О.І. Якість води в р. Рось // Меліорація і водне господарство. – 2016. – Вип. 103. – С. 9–15.
6. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / В.К. Хільчевський, С.М. Курило, С.С. Дубняк [та ін.]; за ред. В.К. Хільчевського. – К.: Ніка-Центр, 2009. – 116 с.
7. Se Woong Chunga, Ick Hwan Ko, Yu Kyung Kim. Effect of reservoir flushing on downstream river water quality // Journal of Environmental Management. – Vol. 86, Issue 1, January 2008. – P. 139–147.

**П.А. Бабій, В.І. Вишневський**

**Промывка водохранилищ на р. Рось как средство улучшения качества воды**

*Приведены сведения о гидрохимических характеристиках р. Рось и влияющие на них факторы. Показана целесообразность промывки водохранилищ, позволяющая улучшить качество воды в реке в период, когда оно является наихудшим.*

**P.A. Babiy, V.I. Vyshnevskiy**

**The Ros river reservoirs flushing as a means of improving water quality**

*The hydrochemical characteristics of the Ros river and factors affecting them are given. The advisability of reservoir flushing is shown, which allows to improve water quality in the river at the time when it is the worst.*

УДК 504.453

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ГАПА

**А.В. ЯЦИК**, док. тех. наук,

Український науково-дослідний інститут водогосподарсько-екологічних проблем;

**І.В. ГОПЧАК**, канд. геогр. наук,

Інститут водних проблем і меліорації НААН;

**Т.О. БАСЮК**, канд. геогр. наук,

Міжнародний економіко-гуманітарний університет ім. академіка Степана Дем'янчука

*Виконано екологічне оцінювання сучасного стану якості води річки Гапа на основі класифікації якості поверхневих вод суші за трьома блоками показників: сольового складу, трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників та показників специфічних речовин токсичної дії. Визначено величину інтегрального (екологічного) індексу. Встановлено, що поверхневі води р. Гапа відповідають II класу 3 категорії якості води та характеризуються, як «добрі» за станом і «досить чисті» за ступенем чистоти.*

*Ключові слова:* річка, поверхневі води, якість води, інтегральний індекс, екологічна оцінка

**Постановка питання.** Розвиток народного господарства тісно пов'язаний із перспективою інтенсивного використання річок, які в окремих регіонах є основними, а іноді єдиними джерелами водопостачання. Незважаючи на велику роль річок у багатьох процесах, які відбуваються в природі, а також у забезпеченні життя людини, наразі їх стан оцінюють як критичний. Адже інтенсивне використання в народному господарстві як самих річок, так і водозборів порушує їх природний гідрохімічний та гідробіологічний режими, зменшує водність, глибину, річки замулюються, збільшується їх евтрофікація.

Якість природних вод як великих, так і малих річок здебільшого змінюється від забруднення їх стічними водами промислових підприємств та комунального господарства, від поверхневого стоку територій населених пунктів, промислових об'єктів, сільськогосподарських угідь тощо. Оскільки малі річки створюють передумови зональної закономірності формування ресурсів стоку якості води великих річок, отож проблема їх забруднення та гідроекологічний аналіз на сьогодні є досить актуальними [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оцінювання якості води з різних позицій присвячено низку наукових досліджень. Вагомий внесок у методологію комплексного інтегрального оцінювання екологічного стану басейнів річок зробили Й. В. Гриб [2] та А. В. Яцик [3; 4]. Оцінку якості річкових вод та основні шляхи покращення екологічного стану малих річок, зокрема басейну р. Західний Буг, висвітлено у наукових працях М. Р. Забокницької, В. К. Хільчевського [5; 6].

**Мета досліджень** – екологічне оцінювання якості поверхневих вод р. Гапа та розрахунок інтегрального індексу якості води.

**Методика досліджень.** Екологічне оцінювання якості поверхневих вод р. Гапа виконано за даними систематичних спостережень на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України, яка включає набір гідрфізичних, гідрохімічних, гідробіологічних та інших показників, що відображають особливості складових водних екосистем. Вихідні дані відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» були згруповані в три блоки показників: сольового складу води ( $I_1$ ); трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) блоку ( $I_2$ ); специфічних речовин токсичної дії ( $I_3$ ).

У сольовий блок ( $I_1$ ) входять хлориди, сульфати, критерій мінералізації. Еколого-санітарний блок ( $I_2$ ) включає: завислі речовини, нітрати, нітроти, азот амонійний, фосфати, розчинений кисень, ХСК, БСК5. Блок специфічних показників токсичної і радіаційної дії ( $I_3$ ) налічує від одного (залізо загальне) до восьми компонентів (залізо загальне, мідь, цинк, марганець, хром загальний, феноли, нафтопродукти, СПАР) [3; 4; 7]. На основі значень блокових індексів згідно нормативів якості поверхневих текучих вод розраховується інтегральний (екологічний) індекс ( $I_E$ ), відповідно до значень якого встановлюється клас і категорія якості, що характеризує відповідну якість води [3; 4; 8].

Результати досліджень. Моніторинг якісного стану вод р. Гапа здійснювався на затвердженому пункті державного моніторингу якості вод за 2 км від гирла річки (нижче озера Ягодинське) [9; 10]. Використовуючи

«Методику...» були розраховані блокові індекси та інтегральний індекс екологічної оцінки якості поверхневих вод р. Гапа за 2015-2016 рр. та визначено клас та категорії якості води (таблиця). Вихідними матеріалами слугували інформаційні матеріали Державного управління охорони навколишнього природного середовища у Волинській області.

Річка Гапа – права притока Західного Бугу, яка протікає в межах Любомльського району Волинської області. Річка бере початок на околиці с. Машів та впадає до Західного Бугу на захід від с. Бережці. Тече переважно на захід, у пониззі – на південний захід. Річка також впадає в озеро Ягодинське, та витікає з нього. На ділянці до впадіння в озеро її частіше називають Гапа, а на ділянці від Ягодинського озера до впадіння у р. Західний Буг – Ягодинкою [5].

Довжина р. Гапа складає близько 14 км, площа басейну – 140 км<sup>2</sup>. Долина у верхів'ї широка й неглибока, нижче – звужується й поглиблюється. Заплава місцями заболочена. Річище слабозвивисте, місцями каналізоване й випрямлене. Основні притоки – річки Піщатка та Видранка [11; 12].

Блок показників сольового складу ( $I_1$ ). Мінералізація відбиває фізико-географічні умови формування стоку і становила у середньому 416,5 мг/л. За критерієм мінералізації поверхневі води р. Гапа належать до I категорії I класу якості води, тобто до «прісних гіпогалінних вод», що за своїм станом характеризуються як «відмінні», а за ступенем чистоти «чисті».

Хлориди й сульфати завдяки своїй високій розчинності наявні в усіх природних водах у формі натрієвих, кальцієвих і магнієвих солей. Значення вмісту хлоридів в поверхневих водах р. Гапа коливається від 19,9 мг/дм<sup>3</sup> до 15,9 мг/дм<sup>3</sup>, що в межах норми (350 мг/дм<sup>3</sup>). Якість води відповідала I класу.

Значення вмісту сульфатів коливається від 56,4 мг/дм<sup>3</sup> до 35,9 мг/дм<sup>3</sup>, що у межах екологічного оптимуму (500 мг/дм<sup>3</sup>). Якість води характеризувалася I класом, «відмінна» за станом, «дуже чиста» за ступенем чистоти [2].

Дослідження показали, що впродовж 2015-2016 рр. показники сольового блоку знаходяться в межах ГДК для водойм рибогосподарського призначення і поверхневі води р. Гапа відносяться до I класу якості води («відмінні» за класом, «дуже чисті» за ступенем чистоти).

#### Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Гапа за результатами значень блокових індексів $I_1$ , $I_2$ , $I_3$ та інтегрального екологічного індексу $I_E$

Блок	Показники	Величини/ категорія	
		2015 рік	2016 рік
$I_1$	Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	421,8 / 1	411,2 / 1
	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	19,9 / 1	15,9 / 1
	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	56,4 / 2	35,9 / 1
	Значення індексу $I_1$	1,3	1,0
	Категорія	1	1
	Клас якості води	I	I
$I_2$	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	17,8 / 3	8,1 / 2
	Прозорість, см	26,5 / 6	27,0 / 6
	pH	7,7 / 2	7,6 / 2
	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	0,64 / 5	0,69 / 5
	Азот нітритний, мг/дм <sup>3</sup>	0,015 / 4	0,03 / 5
	Азот нітратний, мг/дм <sup>3</sup>	1,12 / 6	1,37 / 6
	Розчинений кисень, мг/дм <sup>3</sup>	6,5 / 4	7,67 / 2
	ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	5,9 / 1	5,96 / 1
	БСК5, мг/дм <sup>3</sup>	3,3 / 4	3,12 / 4
	Значення індексу $I_2$	3,9	3,7
	Категорія	4	4
	Клас якості води	III	III
$I_3$	Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,3 / 4	0,8 / 5
	Значення індексу $I_3$	4,0	5,0
	Категорія	4	5
	Клас якості води	III	III
$I_E$	Значення індексу $I_E$	3,07	3,23
	Категорія	3	3
	Клас якості води	II	II

Блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників ( $I_2$ ). За показниками даного блоку поверхневі води р. Гапа належать до III класу 4 категорії якості води. Варто відмітити, що найбільшим внеском у величину блокового індексу  $I_2$  відзначалися такі показники як прозорість та вміст нітратного азоту. Поверхневі води за даними показниками належали до IV класу 6 категорії якості («погані» за класом, «брудні» за ступенем чистоти).

Блок специфічних показників токсичної дії ( $I_3$ ). Щодо блоку специфічних речовин токсичної дії зазначимо, що в річковому басейні р. Гапа відслідковували наявність лише заліза загального. Тому екологічне оцінювання за даним блоком можна вважати орієнтовним. За період досліджень значення заліза зафіксовано у межах 0,3-0,8 мг/дм<sup>3</sup>. Якість води річки за даним блоком відповідає III класу.

Об'єднана екологічна оцінка ( $I_E$ ). За підсумковим інтегральним екологічним індексом

( $I_E$ ) поверхневі води р. Гапа відносяться до II класу 3 категорії якості води та характеризуються, як «добрі» за станом і «досить чисті» за ступенем чистоти.

Висновки. Результати спостережень за якісним станом вод р. Гапа впродовж 2015-2016 рр. вказують на їх задовільний стан та відповідають II класу 3 категорії якості води (за станом – «добрі», за ступенем чистоти – «досить чисті»). Перевищення ГДК зафіксовано за трофо-сапробіологічними показниками. Це обумовлено високим антропогенним навантаженням у басейні річки, в першу чергу скидами недостатньо очищених стічних вод.

Визначення якості води р. Гапа має важливе значення для оцінювання екологічної ситуації басейну р. Західний Буг, основних напрямів водоохоронної діяльності для оздоровлення екологічного стану кожного водного об'єкта та встановлення екологічних нормативів якості води.

#### Бібліографія

1. Яцьк А.В. Экологические основы рационального водопользования / А.В. Яцьк – К. : Генеза, 1997. – 640 с.
2. Гриб Й.В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідрологія, управління) : навч. посіб. Т. 1 / Й.В. Гриб, М.О. Клименко, В.В. Сондак. – Рівне : Рівнен. держ. техн. ун-т, 1999. – 348 с.
3. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукінський, О.П. Оксіюк, А.В. Яцьк. – К. : [б. в.], 1998. – 28 с.
4. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. – К. : [б. в.], 2001. – 48 с.
5. Забокрицька М.Р., Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України / М.Р. Забокрицька, В.К. Хільчевський, А.П. Манченко – К. : Ніка-Центр, 2006. – 184 с.
6. Забокрицька М.Р. Оцінка сучасного стану якості річкових вод басейну р. Західний Буг (у межах Волинської області) / М. Р. Забокрицька // Регіональні екологічні пробл. : зб. наук. пр. – К. : ВГЛ«Обрії», 2002. – С. 143-145.
7. Руденко Л.Г. Екологічна оцінка сучасного стану поверхневих вод (методичні аспекти) / Л.Г. Руденко, О.І. Денісова, А.В. Яцьк // Укр. геогр. журн. – 1996. – № 3. – С. 35–38.
8. Яцьк А.В. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод Волинської області / А.В. Яцьк, І.В. Гопчак // Водне господарство України. – 2007. – №2. – С. 20–24.
9. Інформаційний бюлетень про якісний стан поверхневих вод басейну річки Західний Буг у 2015 році. – Луцьк, 2016. – 50 с.
10. Інформаційний бюлетень про якісний стан поверхневих вод басейну річки Західний Буг у 2016 році. – Луцьк, 2017. – 50 с.
11. Мольчак Я.О. Річки Волині / Я.О. Мольчак, Р. В. Мігас. – Луцьк : Надстир'я, 1999. – 176 с.
12. Малі річки України: Довідник / А.В. Яцьк, Л.Б. Бишовець, Є.О. Богатов та ін.; за ред. А.В. Яцька. – К.: Урожай, 1991. – 296 с.

**А.В. Яцьк, І.В. Гопчак, Т.А. Басюк**

#### Оценка экологического состояния поверхностных вод реки Гапа

Выполнена экологическая оценка современного состояния качества воды реки Гапа на основе классификации качества поверхностных вод суши по трем блокам показателей: солевого состава, трофо-сапробіологических (эколого-санитарных) показателей и показателей специфических веществ токсического действия. Определена величина интегрального (экологичес-

кого) індекса. Установлено, що поверхністі води річки Гапа відповідають II класу 3 категорії якості води і характеризуються, як «хороші» по станю і «достатньо чисті» по степені чистоти.

**A.V. Yatsyk, I.V. Hopchak, T.O. Basyuk**

**Assessment of the ecological state of the surface waters of the Gapa River**

*An ecological assessment of the current state of water quality in the Gapa River was carried out on the basis of the classification of the quality of surface waters of the in three blocks of indicators: salt composition, tropho-saprobological (ecology-sanitary) indicators and specific toxic substances. The value of the integral (ecological) index is determined. It is established that the surface waters of the Gapa River correspond to Class II of the 3rd category of water quality and are characterized as "good" by status and "sufficiently clean" in terms of purity.*

УДК 581.526.325(282.247.32)

## СУЧАСНИЙ СТАН ОЗЕРА АЛМАЗНЕ ТА ЗАХОДИ З ЙОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ОЗДОРОВЛЕННЯ

С.А. ШЕВЧУК, канд. тех. наук,  
О.М. КОЗИЦЬКИЙ,  
В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ, док. геогр. наук,  
Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Наведено відомості про історію створення оз. Алмазне, його морфометричні особливості, водообмін, а також гідрохімічні показники. Представлено дані дистанційного зондування Землі, які свідчать про проблемний стан озера.*

**Ключові слова:** озеро Алмазне, морфометричні характеристики, якість та “цвітіння” води, дані дистанційного зондування Землі.

**Вступ.** Озеро Алмазне – найбільше озеро Києва, що розташоване біля житлового масиву Троєщина на північно-східній околиці міста. З огляду на значні розміри озера можна припустити, що воно повинно мати задовільний екологічний стан, але це не так. У другій половині літа і на початку осені озеро сильно “цвіте”, що практично унеможливує його використання в рекреаційних цілях. У зв’язку з цим окремі зацікавлені інституції проголосили наміри поліпшити стан озера шляхом поглиблення і розчистки прилеглої до нього ділянки. Доцільність цього заходу і стала

підставою для проведення відповідних досліджень (рис. 1).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Попри те, що оз. Алмазне є найбільшим за розмірами в Києві, ґрунтовних праць, що йому присвячені, не так багато. Здебільшого дослідники, відповідно до їх фаху, звертали увагу лише на певні показники. Найбільший обсяг таких досліджень виконано фахівцями Інституту гідробіології НАНУ [2–5]. З цих праць особливої уваги потребує видання [4], в якому наведено відомості про якість води, видовий склад вищої водної рослинності, а

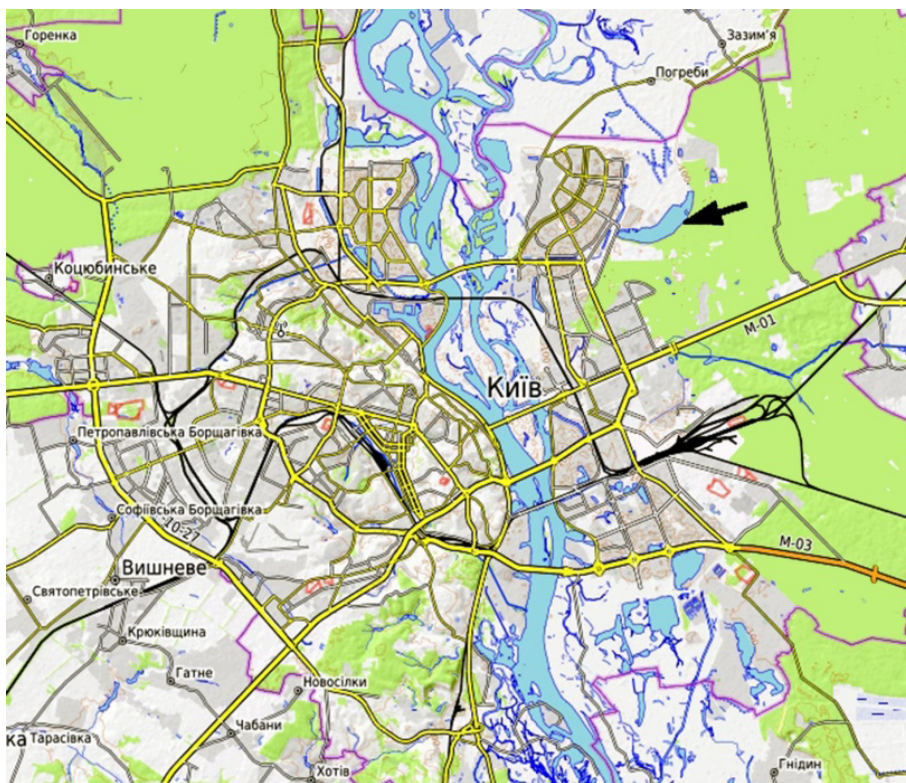


Рис. 1. Розташування оз. Алмазне в Києві (показано стрілкою)

також іхтіофауну оз. Алмазне. Разом з тим, у праці не приділено належної уваги морфометричним характеристикам озера та його екологічному стану в цілому. Без відповідної перевірки наведено й деякі помилкові дані, зокрема про максимальну глибину озера (35 м), що значно більша за фактичну.

У праці [6], яка присвячена вмісту біогенних речовин у водоймах Києва, сказано, що концентрація сполук азоту в озері порівняно незначна. Натомість великою є концентрація фосфатів. За останнім показником озеро належить до найбільш забруднених у Києві.

З праць, що побачили світ останнім часом, доцільно згадати статті [1, 7], в яких висвітлено відомості про екологічний стан озера на основі даних дистанційного зондування Землі. Наведені дані показали, що у другій половині літа екологічний стан озера стає чи не найгіршим з-поміж інших великих водойм Києва – насамперед за рівнем “цвітіння” води.

**Методи досліджень.** Основним джерелом даних для написання цієї статті стали результати польових досліджень, виконаних протягом 2014–2016 рр. Значну увагу приділено морфометрії озера, яка визначалася шляхом промірів глибин із застосуванням

ехолоту, що обладнаний GPS-приймачем. Екологічний стан озера визначали за даними про прозорість води за диском Секкі, а також за даними гідрохімічних аналізів. Значну увагу в дослідженнях приділено також даним дистанційного зондування Землі, зокрема аналізу зображень супутника Landsat 8, який виконували з використанням програми ArcMap.

**Гідрометеорологічні умови.** Роки (2014–2016), протягом яких виконувалися дослідження, виявилися значно теплішими і водночас сухішими за норму. Важливо, що це стосувалося літніх місяців, а також вересня, коли “цвітіння” води набуває найбільшого розвитку (табл. 1).

У липні–вересні 2014–2016 рр. у Києві неодноразово спостерігалася температура повітря, яка до цього не реєструвалася. Зокрема, 1–2 вересня 2015 р. вона сягала 35 °С.

**Висвітлення основних результатів.** Сучасне озеро Алмазне розташовано у межах лівобережної заплави Дніпра. У далекому минулому тут була стариця річки, про що свідчить топографічна карта «РККА» 1930-х років у масштабі 1 : 25000 (рис. 2). Ця водойма з'єднувалася потічком з розташованим на схід болотом Колпито. Водночас із самого

### 1. Температура повітря на метеостанції “Київ” за місяцями

Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	-4,8	-0,5	6,8	10,3	16,9	18,2	22,1	21,3	15,3	7,7	1,7	-2,1
2015	-0,8	-0,7	5,1	9,7	16,0	20,4	21,9	22,6	17,8	7,3	4,7	1,9
2016	-5,7	2,0	3,9	12,4	15,5	20,6	22,4	21,1	16,1	6,5	1,2	-1,5
Норма	-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,2	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3

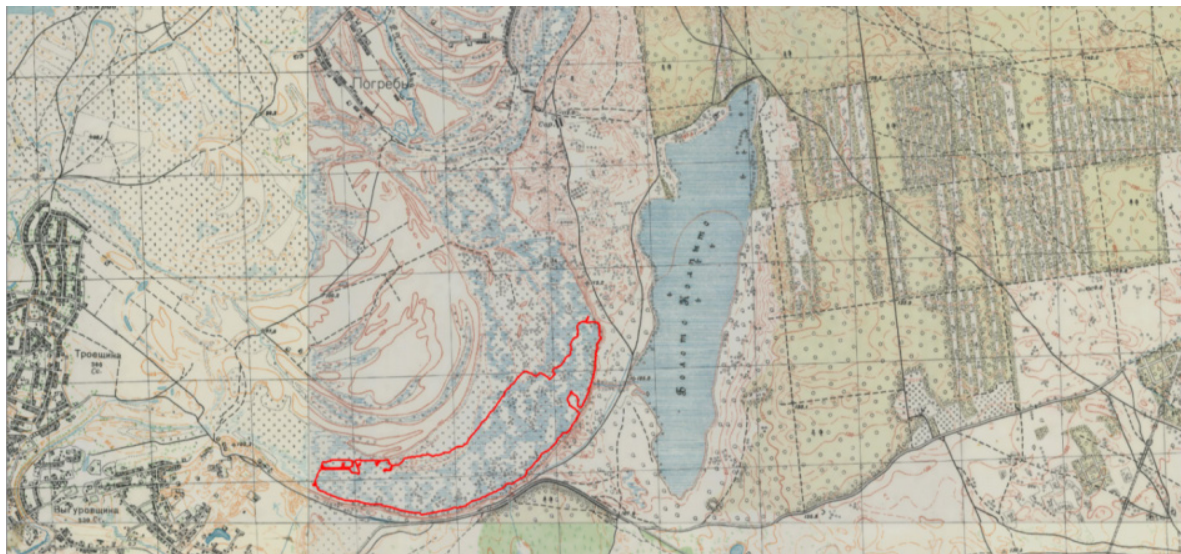


Рис. 2. Топографічна карта «РККА» масштабу 1:25 000 (Генеральний штаб РСЧА, 1933-1937 рр.)



озера витікав струмок у південно-західному напрямку – до Дніпра. Значні зміни цієї місцини відбулися по закінченні Другої світової війни, що було пов'язано з видобутком торфу, який тут видобували до 1970-х років.

Новий етап історії озера Алмазне розпочався в 1980-х роках і був пов'язаний з видобутком алювію, який використовували в будівельних цілях. Цей видобуток почався з того місця, яке нині відповідає південно-західній частині озера. Супутникові знімки показують, що в 1984 р. розміри озера досягли третини сучасних. У 1990 р. озеро набуло розмірів, що близькі до сучасних.

Розпорядженням Київської міської державної адміністрації № 111 від 04.02.2009 р. оз. Алмазне було передано на баланс і закріплено за КП “Плесо”.

Виконане обстеження озера показало тяжіння до нього сильнозарослої ділянки на північний схід від основної акваторії. Найбільшу площу тут займає повітряно-водна рослинність, в якій домінує очерет звичайний. Зустрічається також рогіз вузьколистий. На підвищених ділянках чимало деревної рослинності, серед якої домінують верба і береза. Із чагарникової рослинності багато аморфи कुшової. Відкрита акваторія займає тут близько чверті загальної площі.

На берегах самого озера повітряно-водної рослинності дуже мало. Натомість у другій половині літа та у вересні тут спостерігається сильне “цвітіння” води.

Територія, що оточує озеро, сильно різниться за використанням. Південніше озера, причому близько від нього, розташовано Лісове кладовище, відкрите в 1970 р. Територія на схід від озера вкрита лісом – переважно сосновим. Північніше озера – приблизно за кілометр від нього – розташована Київська ТЕЦ-6. Територія на північний захід від озера переважно зайнята городніми ділянками та гаражами.

Важливим і водночас складним питанням є водообмін в оз. Алмазне. Основний витік з озера розташований в його південно-західній частині. Тут є невеличка затока, в якій простежується рух води. Бетонний трубопровід прокладений під вул. Крайня і спрямований у Нижнє Вигурівське озеро. Витрата води тут має порядок 0,1 м<sup>3</sup>/с.

Існує ще одне місце, де вода витікає з озера. Воно розташовано в його північно-східній частині, точніше – прилеглий до озера зарослій ділянці. Для руху води прокладено трубу під вул. Пухівська. Витрата води тут мізерна – на рівні одного-двох літрів за секунду.

Із прилеглої до озера зарослої ділянки в його основну частину також впадає потічок. Місце впадіння його в невелику затоку є таким: 50°31'09" пн. ш. і 30°39'48" сх. д.

На жаль, виявити бодай одне місце, яким вода надходить в озеро, не вдалося. Вірогідно озеро здебільшого живиться атмосферними опадами та підземним стоком, який переважно потрапляє в його північно-східну частину. Не можна виключати і того, що існує якийсь скид в озеро, зокрема з розташованої неподалік Київської ТЕЦ-6.

Морфометричні параметри оз. Алмазне визначено двома шляхами. З використанням програми SAS.Планета встановлено, що максимальна довжина його відкритої частини по прямій становить 3,2 км, найбільша ширина – 715 м, периметр – 9,06 км, площа – 1,65 км<sup>2</sup>.

Площу відкритої частини озера визначено також з використанням програми ArcMap 10, спираючись на зображення, отримане супутником Landsat 8. Для відокремлення водної поверхні від суші виконано розрахунок індексу NDPI. У цей спосіб встановлено, що площа озера становить 1,67 км<sup>2</sup>. Отже, за двома методами результат виявився практично однаковим. Як остаточне прийнято середню величину 1,65 км<sup>2</sup>, адже зображення, отримані супутником Landsat 8, мають порівняно невисоку роздільну здатність. Зауважимо, що знайдена площа озера виявилася дещо більшою, ніж зазначено в [4].

Перед визначенням глибин в озері було встановлено його характерний рівень – 96,4 м БС. При сильному вітрі можливі зміни, як правило, в межах 10 см.

Виміри глибин виконано по низці поперечних і поздовжних створів, які рівномірно охоплюють акваторію. Кількість точок вимірних глибин становить 7042, що відповідає щільності 1 точка на 236 м<sup>2</sup>. За отриманими даними побудовано карту розподілу глибин в озері (рис. 3).

Виконані дослідження показали, що оз. Алмазне не лише доволі значне за площею, а й глибоке – максимальна виміряна глибина (а саме в точці з координатами: 50°30'21,2" пн. ш. і 30°38'42,6" сх. д.) сягає 19,7 м. Як видно, максимальна виміряна глибина виявилася майже вдвічі меншою, ніж за даними, що наведені в [4]. Додамо, що помилкове значення глибини в 35 м наведено також у Вікіпедії. Про помилковість цього великого значення свідчать технічні можливості земснарядів, які рідко коли здатні виконувати виїмку ґрунту на глибинах понад 22 м.

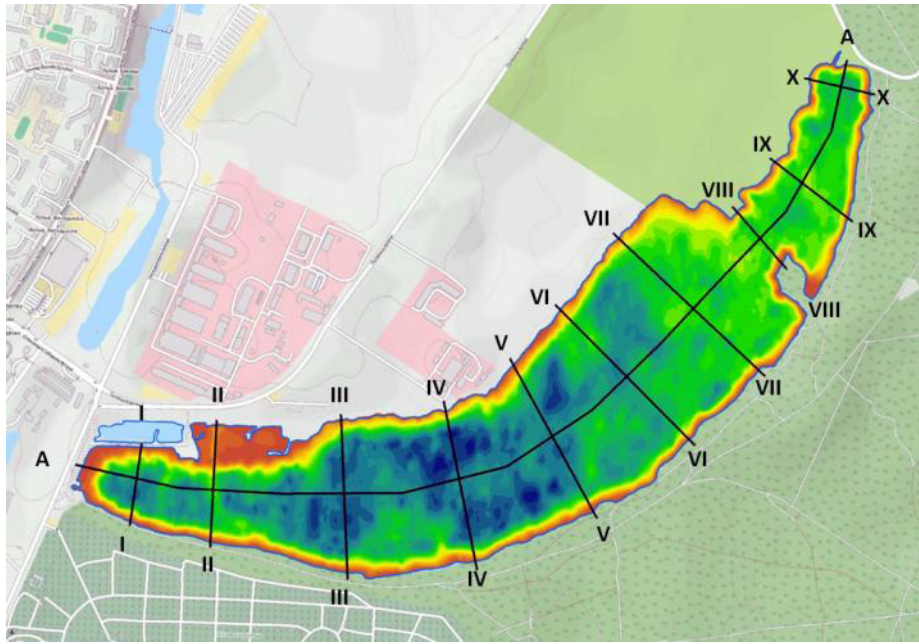


Рис. 3. Розподіл глибин в оз. Алмазне

Крім наявності значних глибин в озері, для нього властива ще одна особливість – різке їх зростання біля берега. Доволі часто, вже на відстані 5–10 м від урізу, глибина сягає 2 м. Іншими словами, озеро має дуже мало мілководних ділянок (рис. 4).

Невелика площа мілководних ділянок і є головним чинником, що стримує поширення повітряно-водної рослинності в озері. Жоден з відповідних видів, які зустрічаються в Україні, на глибинах понад 2 м не росте.

Є підстави вважати, що саме невелике поширення повітряно-водної рослинності і є важливою причиною значного “цвітіння” води, яке супроводжується зниженням прозорості води. Про це, зокрема, свідчать результати досліджень, наведені у праці [5]. Важливо, що повітряно-водна рослинність не лише затіняє собою водну поверхню, а головне – поглинає

біогенні речовини, які за її відсутності дісталися б нижчим за своєю організацією організмам.

Виміри прозорості води, виконані з використанням диску Секкі, показали, що наприкінці літа вона стає дуже малою. Про це, зокрема, свідчать дані, отримані в 2014 р. Так, 06.06.14 р. прозорість води становила 2,48 м; 08.07.2014 р. – 2,71; 24.07.2014 р. – 0,92; 08.08.2014 р. – лише 0,32 м. У ці ж дні концентрація завислих речовин була такою: 1,8; 5,4; 6,6 і 31 мг/дм<sup>3</sup>. Як видно, тут існує обернена залежність.

Гідрохімічні показники в озері було визначено за даними двох проб, узятих в його протилежно розташованих місцях: одну (№ 1) – у південно-західній частині озера, іншу (№ 2) у північно-східній (табл. 2).

Наведені в табл. 2 дані показують, що в цілому за концентрацією розчинних солей

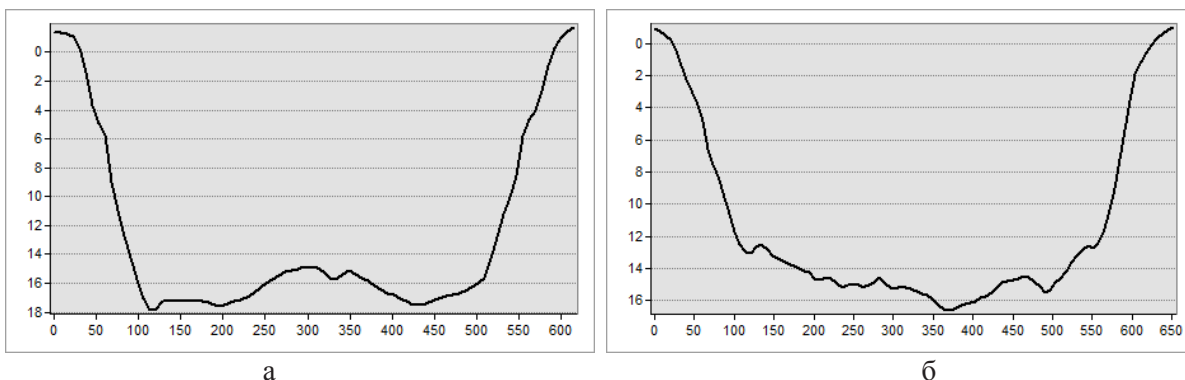


Рис. 4. Поперечні профілі оз. Алмазне: відповідно у створах IV–IV і V–V

2. Якісні характеристики води в оз. Алмазне 23.05.2016 р., мг/дм<sup>3</sup>

№ проби	XCK	PH	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Na	Ca	Cl
1	20,2	7,29	0,015	1,8	сліди	0,46	1,5	9,8	36,0	10,6
2	60,6	7,67	0,006	2,0	сліди	0,10	0,9	45	76,0	21,3

№ проби	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Сух. зал.	Мін.	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb
1	28,0	0	152,5	278,4	178,6	0,25	0,007	0,005	0,040	0,0021
2	72,0	0	292,8	530,5	364,3	0,39	0,009	0,009	0,037	0,0006

вода в оз. Алмазне не є особливою. Зокрема невеликою є концентрація мікроелементів. Щоправда, доволі значною є концентрація заліза, що близька до ГДК. Більша його концентрація в північно-східній частині озера опосередковано свідчить про надходження сюди води з підземних горизонтів. На подібне вказує й концентрація сухого залишку.

Оцінювання екологічного стану озера виконано також із використанням дистанційного зондування Землі. Для цього, зокрема, було скачано кілька зображень супутника Landsat 8, зроблених у теплий період 2014–2016 рр. (рис. 5). Аналіз цих знімків, побудованих у кольорах, близьких до природних, свідчить про те, що в другій половині літа і на початку вересня поверхня озера є справді зеленого кольору.

Кількісне оцінювання “цвітіння” виконано також за індексом NDTI, який є співвідношенням зеленого (B3) і червоного (B4) каналів спектра:

$$NDTI = (B4 - B3) / (B4 + B3).$$

Структура індексу показує, що збільшення інтенсивності зеленого кольору супроводжується зменшенням абсолютного значення індексу і навпаки. Іншими словами, індекс NDTI обернено пропорційний концентрації синьо-зелених водоростей (табл. 3).

Наведені дані показують, що індекс NDTI в оз. Алмазне, а відповідно й рівень “цвітіння” в ньому незрівнянно більший, ніж у нижньому б’єфі Київської ГЕС. З великих водойм у лівобережній частині Києва близькі значення індексу NDTI спостерігаються лише в оз. Тягле, яке

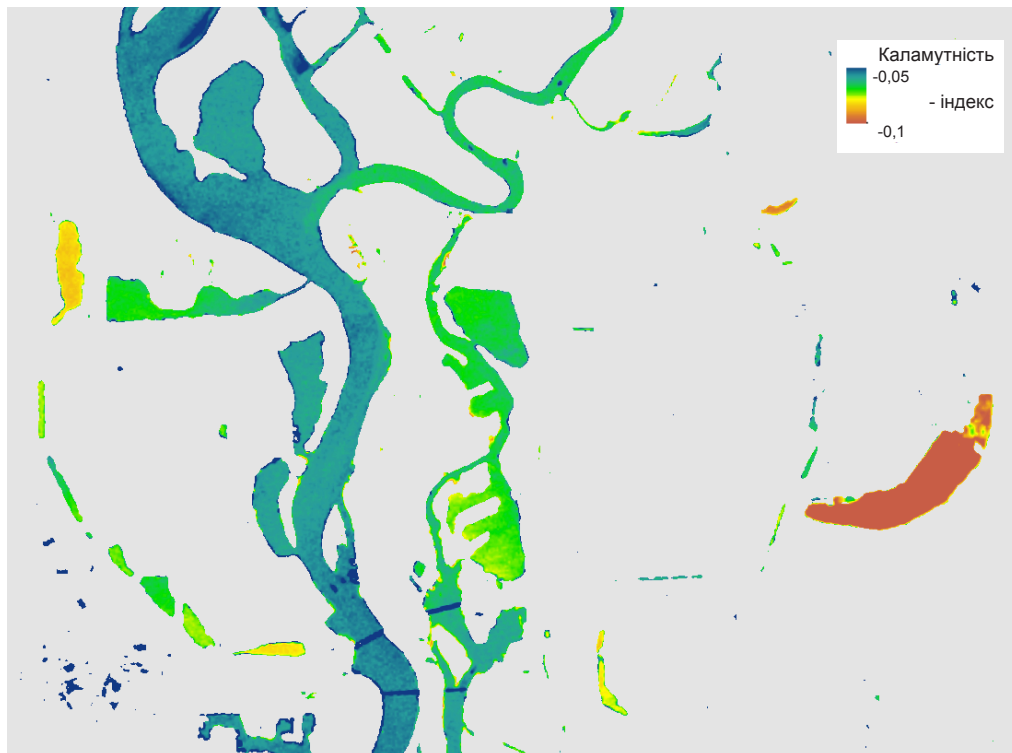


Рис. 5. Каламутність водойм м. Києва (24.07.2014 р., супутник Landsat-8)

### 3. Характерні значення індексу NDTI, розраховані за даними знімків, отриманих супутником Landsat 8

Дата	Водойма				
	Алмазне	Нижній б'єф Київської ГЕС	Вирлиця	Тягле	Заплавне
10.09.14	-0,0849	-0,0503	-0,0690	-0,0697	-0,0788
28.08.15	-0,0870	-0,0532	-0,0666	-0,0836	-0,0644
13.07.16	-0,0799	-0,0502	-0,0807	-0,0979	-0,0851
29.07.16	-0,0781	-0,0548	-0,0730	-0,0819	-0,0826
Середнє	-0,0825	-0,0521	-0,0723	-0,0833	-0,0777

розташоване біля Бортницької станції аерації і, судячи з усього, зазнає її впливу. Але, на відміну від оз. Алмазне, тут доволі багато на берегах повітряно-водної рослинності.

У результаті виконаних досліджень можна запропонувати низку заходів щодо екологічного оздоровлення оз. Алмазне.

Насамперед необхідно виконати очищення прибережної захисної смуги, на якій у багатьох місцях присутнє побутове та будівельне сміття. Зокрема його дуже багато біля північних берегів, особливо поблизу розташованого поряд закладу харчування. Доцільно також встановити на берегах озера водоохоронні знаки. Успішний досвід використання рослиноїдних риб у боротьбі з «цвітінням» води і надмірним заростанням дає змогу рекомендувати вселення в озеро білого товстолобика, основним харчем якого є фітопланктон. Потрібно також посилити виховну та просвітницьку роботу серед населення, спрямовану на захист природи озера і прилеглої території. Доцільно виконати аналіз роботи прилеглої до озера ТЕЦ-6, як потенційного джерела забруднення. Вкрай важливим є збереження природних угруповань на прилеглої до озера заболоченій території. Потрібно припинити

роботу виявленої тут землерийної техніки. Вторгнення людини не лише зруйнує сформовану тут екосистему, а й негативно позначиться на екологічному стані всього оз. Алмазне, спричинивши посилення «цвітіння» води. Пропонується цю територію оголосити заповідним урочищем, надавши йому назву «Колпито».

**Висновки.** Озеро Алмазне, що є найбільшим у Києві, має кілька особливостей. Однією з найголовніших є доволі значні глибини (до 19,7 м) і водночас невелика площа мілководь. Особливості морфометрії позначаються на тому, що на берегах озера майже відсутня повітряно-водна рослинність. Відмінною є лише прилегла до озера ділянка в його північно-східній частині, що майже повністю є зарослою. Для самого озера у другій половині літа і початку осені характерні дуже значне «цвітіння» води і водночас невелика її прозорість. Наміри поліпшити екологічний стан озера шляхом поглиблення і розчищення прилеглої до нього зарослої ділянки є хибними. Це не лише не дасть позитивного ефекту, а навпаки погіршить стан озера, призведе до ще більшого «цвітіння» води.

#### Бібліографія

1. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Оцінювання стану водних об'єктів Києва за даними дистанційного зондування Землі // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2016. – № 11. – С. 4–9.
2. Екологічний стан водойм м. Києва. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 219 с.
3. Екологічний стан київських водойм. – К.: Фітосоціоцентр, 2010. – 257 с.
4. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій / За ред. Романенка О.В. – К.: Наукова думка, 2015. – 192 с.
5. Клоченко П. Д. Структурно-функціональна організація фітопланктона в зарослях и на открытых участках озер г. Киева [Текст] / П.Д. Клоченко, Т.Ф. Шевченко, Г.В. Харченко // Гидробиологический журнал. – 2015. – Т. 51. № 1. – С. 49–65.
6. Прокопчук М.С., Погорелова Ю.В. Вміст біогенних речовин у водоймах міста Києва // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2016. – № 3 (42). – С. 76–84.
7. Вишневський В. І., Шевчук С. А., Шевченко І. А. Використання даних дистанційного зондування землі для з'ясування екологічного стану водних об'єктів Києва // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2016. – №. 46. – С. 227-231.

**С.А. Шевчук, О.Н. Козицкий, В.И. Вишнеvский**  
**Современное состояние озера Алмазное**  
**и мероприятия по его экологическому оздоровлению**

*Освещена история создания оз. Алмазное. Приведены сведения о его морфометрических особенностях, водообмене, а также гидрохимических показателях. Представлены данные дистанционного зондирования Земли, свидетельствующие о проблемном состоянии озера.*

**S.A. Shevchuk, O.M. Kozyt'skyi, V.I. Vyshnev'skyi**  
**The current state of the Almaznoe lake and the measures for its ecological recovery**  
*The creation history of the Almaznoe lake is presented. The information about its morphometric features, water exchange and hydrochemical parameters are given. The data of remote sensing, indicating the problem state of the lake, are presented.*

УДК 628.1

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРТОСТІ СПОЖИТОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ ПРИ ЗМІНІ КОЕФІЦІЄНТА ЗОНУВАННЯ І ДІЇ БАГАТОЗОННИХ ТАРИФІВ

Г.А. СИЗОНЕНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури

*Наведено результати досліджень вартості спожитої електроенергії в системах водопостачання при застосуванні багатозонних тарифів і різних режимах подачі води водозабірними свердловинами в регулюючу ємність.*

**Ключові слова:** система водопостачання, водозабірні свердловина, підземні води, вартість електроенергії, багатозонні тарифи

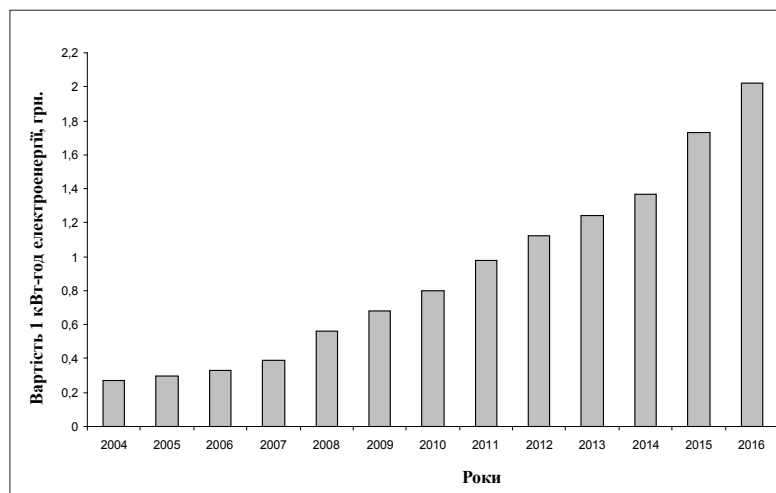
**Постановка проблеми.** Водопровідно-каналізаційна галузь заслуговує на особливу увагу при вирішенні проблем енергоефективності, оскільки є однією з найбільш енергоємних унаслідок експлуатації насосів, що споживають величезну кількість електроенергії під час подачі води. Значне подорожчання вартості енергетичних ресурсів для промисловості протягом останніх років (рис. 1) призвело до зростання собівартості води, оскільки одну з найвагоміших часток серед її складових становлять саме експлуатаційні витрати комунальних підприємств за спожиту електроенергію. Це є однією з головних причин підвищення тарифів на воду для різних категорій споживачів. У таких умовах на діючих водопроводах надзвичайно актуальними є питання енергозбереження, що може досягатися шляхом оптимізації сумісної роботи споруд у системах водопостачання, а також зниження витрат за спожиту електроенергію шляхом застосування багатозонних тарифів на насосних станціях при заборі підземних вод [1-9].

В Україні є величезний надлишок електроенергії в нічний час через велику різницю між денним і нічним енергоспоживанням. Для підвищення економічності та надійності роботи енергосистеми в цілому та раціонального її використання великого значення набуває організація більш рівномірного завантаження електромереж протягом доби, а тому держава шляхом впровадження двота-тризонної тарифікації та багатотарифних лічильників стимулює більше споживання електроенергії вночі з низькими тарифами.

**Мета роботи** – дослідити доцільність застосування багатозонних тарифів на електроенергію при заборі підземних вод свердловинами в системах водопостачання з різними режимами роботи насосів.

**Методика наукових досліджень.** Роботу виконували шляхом застосування чисельних та аналітичних методів досліджень та обробки отриманих результатів розрахунку витрат за спожиту електроенергію.

**Межі тарифних зон та тарифні коефіцієнти при багатозонній тарифікації.** Згідно



**Рис. 1. Зростання вартості електроенергії для промисловості за роками**

[8, 9] при застосуванні дво- та тризонних тарифів диференційованих за періодами часу встановлюються тарифні коефіцієнти, наведені відповідно в табл. 1 та 2.

**Дослідження ефективності застосування багатозонних тарифів в системах водопостачання.** При заборі підземних вод свердловинами, як правило, протягом доби застосовують режим рівномірної подачі води насосами в регулюючу ємність. У цьому разі при використанні одноставкового тарифу добова вартість за спожиту електроенергію складе

**1. Тарифні коефіцієнти для двозонних тарифів диференційованих за періодами часу**

Період часу	Тарифний коефіцієнт	Межі тарифних зон	Тривалість періоду, год.
нічний	0,35	з 23 год. до 7 год.	8
денний	1,35	з 7 год. до 23 год.	16

**2. Тарифні коефіцієнти для тризонних тарифів диференційованих за періодами часу**

Період часу	Тарифний коефіцієнт	Межі тарифних зон	Тривалість періоду, год.
нічний	0,25	з 23 год. до 6 год.	7
напівпіковий	1,02	з 6 год. до 8 год. з 10 год. до 17 год. з 21 год. до 23 год.	11
піковий	1,8	з 8 год. до 10 год. з 17 год. до 21 год.	6

$$E_1 = N_1 n T_1, \text{ грн.} \quad (1)$$

де  $N_1$  – споживана на валу насосів потужність за одну годину їхньої роботи, кВт;  $n = 24$  год. – тривалість рівномірної роботи насосів протягом доби;  $T_1$  – тариф за спожиту електроенергію, грн./кВт·год.

Прийнявши  $E_1 = 100\%$ , можна визначити якою буде вартість спожитої електроенергії при застосуванні багатозонних тарифів у порівнянні з одноставковим.

Для двозонного тарифу:

$$\begin{aligned} E_2 &= N_1 n_n K_{T,n} T_1 + N_1 n_d K_{T,d} T_1 = \\ &= N_1 n T_1 (n_n K_{T,n} / n + n_d K_{T,d} / n) = \\ &= 100(8 \cdot 0,35 / 24 + 16 \cdot 1,35 / 24) = 101,7\%, \end{aligned}$$

де  $n_n = 8$  год. та  $n_d = 16$  год. – тривалість роботи насосів відповідно у нічний та денний період;  $K_{T,n} = 0,35$  та  $K_{T,d} = 1,35$  – тарифні коефіцієнти, що застосовуються відповідно у нічний та денний періоди часу.

Для тризонного тарифу:

$$\begin{aligned} E_3 &= N_1 n_n K_{T,n} T_1 + N_1 n_{np} K_{T,np} T_1 + N_1 n_p K_{T,p} T_1 = \\ &= N_1 n T_1 (n_n K_{T,n} / n + n_{np} K_{T,np} / n + n_p K_{T,p} / n) = \\ &= 100(7 \cdot 0,25 / 24 + 11 \cdot 1,02 / 24 + 6 \cdot 1,8 / 24) = \\ &= 99,04\%, \end{aligned}$$

де  $n_n = 7$  год.;  $n_{np} = 11$  год. та  $n_p = 6$  год. – тривалість роботи насосів відповідно у нічний, напівпіковий та піковий період;  $K_{T,n} = 0,25$ ;  $K_{T,np} = 1,02$  та  $K_{T,p} = 1,8$  – тарифні коефіцієнти, що застосовуються відповідно у нічний, напівпіковий та піковий періоди часу.

Враховуючи величину тарифних коефіцієнтів при багатозонній тарифікації очевидно, що для зменшення вартості спожитої електроенергії доцільно максимально навантажувати насоси у нічний період і повністю виключати у піковий. Однак при цьому буде значно зростати необхідна годинна продуктивність

водозабірних споруд. Так, якщо при рівномірній протягом доби роботі насосів їхня годинна витрата складає

$$q_{г.р} = 100/24 = 4,17\% \text{ від добового водоспоживання } Q_{доб},$$

то щоб забезпечити роботу насосів лише в нічний період з низьким тарифним коефіцієнтом, а отже найменшими експлуатаційними витратами, їхня подача має становити:

$$\text{при двозонних тарифах } q_{г.н} = 100/8 = 12,5\% \text{ від } Q_{доб}, \text{ що втричі більше ніж при рівномірній подачі } (q_{г.н} / q_{г.р} = 12,5 / 4,17 = 3);$$

$$\text{при тризонних тарифах } q_{г.н} = 100/7 = 14,29\% \text{ від } Q_{доб}, \text{ що в 3,4 рази більше ніж при рівномірній подачі } (q_{г.н} / q_{г.р} = 14,29 / 4,17 = 3,4).$$

Щоб забезпечити такі годинні витрати необхідно приблизно у стільки ж збільшувати і кількість робочих свердловин, що вимагає значних коштів на їх буріння, встановлення потрібного обладнання, насосних агрегатів та підведення трубопроводів. Тому доцільно розглянути режими роботи водозабірних споруд, коли система буде частково навантажуватися у денний період при двозонній тарифікації та напівпіковий – при тризонній. Для цього введемо поняття коефіцієнта зонування  $K_3$ , що визначається як співвідношення годинних витрат у денний  $q_{г.д}$  або напівпіковий  $q_{г.нп}$  та нічний  $q_{г.н}$  періоди роботи насосів, тобто в зонах дії високих і низьких тарифів:

- при двозонній тарифікації  $K_3 = q_{г.д} / q_{г.н}$ ;
- при тризонній тарифікації  $K_3 = q_{г.нп} / q_{г.н}$ .

Коефіцієнт зонування змінюється в інтервалі від 0, якщо насоси працюють лише вночі, забезпечуючи добове водоспоживання, до 1, коли подача води у нічний, денний або напівпіковий періоди однакова. У табл.3 наведено розподіл годинних витрат води в різні періоди залежно від коефіцієнта зонування.

Слід зазначити, що при зменшенні коефіцієнта зонування крім зростання потрібної потужності водозабору буде зростати ще й необхідна місткість регулюючої споруди, оскільки при цьому збільшується нерівномірність подачі води у різні періоди доби, що може призвести до додаткового збільшення капітальних витрат. Однак для точного визначення регулюючого об'єму необхідно, окрім режиму роботи свердловинних насосів, знати ще й графіки водоспоживання, якщо вода надходить споживачам з водонапірної башти, або режими роботи насосної станції другого підняття, якщо вода забирається з резервуара.

Водночас, при зменшенні коефіцієнта зонування будуть значно знижуватись експлуатаційні витрати на комунальних підприємствах водопостачання через низькі тарифи на електроенергію у нічний період.

Для наближених розрахунків припускаємо, що всі свердловини працюють в однакових умовах з однаковими насосами та дебітами і мають однакові питомі витрати електроенергії на подачу води. У такому випадку при збільшенні годинної подачі води у нічний період, наприклад утричі, у стільки ж разів зросте і необхідна кількість робочих свердловин, а отже і споживана на валу насосів потужність. Це дозволяє порівнювати вартість спожитої

електроенергії при роботі системи з різним коефіцієнтом зонування та застосуванні багатозонних тарифів з вартістю спожитої електроенергії за одноставковим тарифом при рівномірній подачі води, приймаючи  $E_1$ , що визначається за формулою (1), за 100%.

Так, для наведеного прикладу, коли годинна подача насосів у нічний період утричі більша ніж при рівномірному режимі ( $q_{гн} = 3q_{гр} = 3 \cdot 4,17 = 12,5\%$ ), подача води у денний період при двозонних тарифах буде дорівнювати нулю ( $q_{гд} = 0$ ), а в напівпіковий період при дії тризонних тарифів  $q_{гнп} = (100 - 12,5 \cdot 7) / 11 = 1,14\%$ , що становить  $q_{гнп} = 1,14 / 4,17 = 0,27q_{гр}$ . Вартість спожитої електроенергії при цьому складе:

- при двозонній тарифікації

$$E_2 = 3N_1 n_n K_{Т,н} T_1 + 0N_1 n_d K_{Т,д} T_1 = 100(3 \cdot 8 \cdot 0,35 / 24 + 0) = 35\%;$$

- при тризонній тарифікації

$$E_3 = 3N_1 n_n K_{Т,н} T_1 + 0,27N_1 n_{нп} K_{Т,нп} T_1 = 100(3 \cdot 7 \cdot 0,25 / 24 + 0,27 \cdot 11 \cdot 1,02 / 24) = 34,5\%.$$

У табл. 4 та 5 наведено результати розрахунку вартості споживаної електроенергії при інших значеннях співвідношення між годинними подачами води у нічний, денний і напівпіковий періоди порівняно з рівномірним режимом роботи насосів.

### 3. Розподіл годинних витрат води залежно від коефіцієнта зонування

Годинна витрата води, % від $Q_{доб}$	Коефіцієнт зонування $K_z$											
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
при двозонній тарифікації												
$q_{гн}$	12,5	10,42	8,93	7,81	6,94	6,25	5,68	5,21	4,81	4,46	4,17	
$q_{гд}$	0	1,04	1,79	2,34	2,78	3,13	3,41	3,65	3,85	4,02	4,17	
при тризонній тарифікації												
$q_{гн}$	14,29	12,35	10,87	9,71	8,77	8,0	7,35	6,8	6,33	5,92	5,56	
$q_{гнп}$	0	1,23	2,17	2,91	3,51	4,0	4,41	4,76	5,06	5,33	5,56	

### 4. Результати розрахунку вартості електроенергії при двозонній тарифікації

$q_{гн2}$ %	$3q_{гр}$	$2,5q_{гр}$	$2q_{гр}$	$1,5q_{гр}$	$1,2q_{гр}$	$q_{гр}$
$q_{гд2}$ %	0	$0,25q_{гр}$	$0,5q_{гр}$	$0,75q_{гр}$	$0,9q_{гр}$	$q_{гр}$
$K_z$	0	0,1	0,25	0,5	0,75	1
$E_2$ , %	35,0	51,7	68,3	85,0	95,0	101,7

### 5. Результати розрахунку вартості електроенергії при тризонній тарифікації

$q_{гн2}$ %	$3,5q_{гр}$	$3q_{гр}$	$2,5q_{гр}$	$2q_{гр}$	$1,5q_{гр}$	$1,33q_{гр}$
$q_{гнп2}$ %	0	$0,27q_{гр}$	$0,59q_{гр}$	$0,9q_{гр}$	$1,22q_{гр}$	$1,33q_{гр}$
$K_z$	0	0,09	0,24	0,45	0,81	1
$E_3$ , %	25,5	34,5	45,8	56,7	68,0	71,9



За результатами табл. 4 і 5 побудовано графіки залежності вартості спожитої електроенергії  $E$  при застосуванні багатозонних тарифів і зміні коефіцієнта зонування  $K_z$  порівняно з одноставковим тарифом і рівномірною подачею води протягом доби (рис. 2).

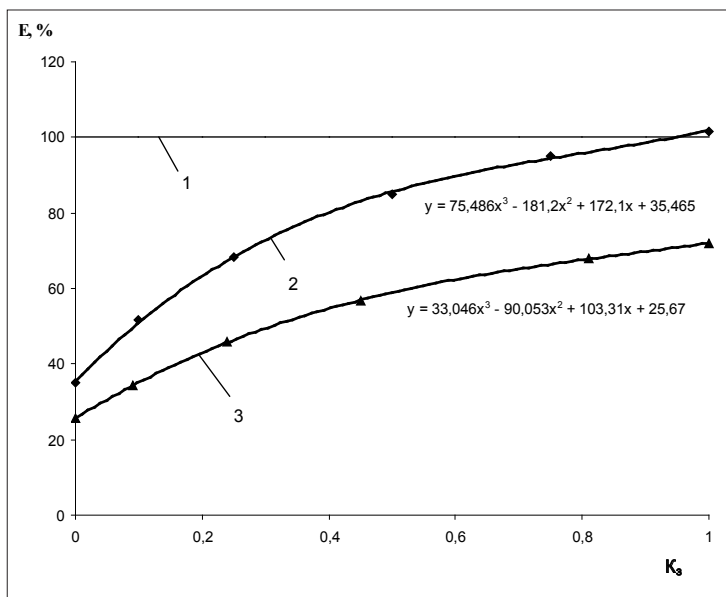
Як видно з табл. 4 і 5 та рис. 2, застосування багатозонних тарифів дає змогу значно зменшити вартість спожитої електроенергії (до 3-4 разів), що суттєво знижує експлуатаційні витрати на комунальних підприємствах водопостачання.

Отже, при проектуванні нової водопровідної системи залежно від обсягу водоспоживання та дебіту свердловини доцільно розглянути кілька можливих варіантів її роботи з різною кількістю робочих свердловин та режимами експлуатації споруд залежно від коефіцієнта зонування, розрахувати капітальні витрати на будівництво та дослідити вартість електроенергії з урахуванням багатозонних тарифів при експлуатації споруд, провести техніко-економічні порівняння та вибрати варіант з найменшими приведеними витратами, що визначаються за формулою

$$\Pi = E_n K + E_e, \text{ грн./рік}, \quad (2)$$

де  $K$  – капіталовкладення або будівельні витрати, грн.;  $E_e$  – експлуатаційні витрати, грн./рік;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, який приймають рівним 0,12.

У діючих системах водопостачання при заборі підземних вод також можливо досліджувати роботу споруд з різними режимами експлуатації для обґрунтування доцільності застосування багатотарифних лічильників на електроенергію. Значне зниження водоспоживання протягом останніх десятиліть призвело до ситуації, коли продуктивність існуючих водозабірних споруд набагато перевищує потреби водоспоживачів. За таких умов актуальними є питання оптимізації роботи водозабірних свердловин з метою забезпечення найменших питомих витрат електроенергії в системі при подачі розрахункових витрат води. Це досягається шляхом імітаційного моделювання сумісної роботи споруд за різними можливими варіантами експлуатації заглиблених відцентрових насосів протягом доби, використовуючи математичні залежності при розрахунках витрат води та



**Рис. 2. Графіки вартості електроенергії:**

- 1 –  $E1 = 100\%$  – за одноставковим тарифом при рівномірній подачі води протягом доби;
- 2 –  $E2 = f(K_z)$  – при дії двозонних тарифів;
- 3 –  $E3 = f(K_z)$  – при дії тризонних тарифів

споживаної потужності та враховуючи межі тарифних зон з певними тарифними коефіцієнтами. Місткість наявних регулюючих споруд може виявитись цілком достатньою при збільшенні нерівномірності подачі води в них насосами у разі застосування багатозонних тарифів на електроенергію. Так дослідження, проведені на комунальному підприємстві "Чернігівводоканал", показали, що вартість спожитої електроенергії при використанні двозонних тарифів на 12,3 %, а тризонних – на 28 % нижча, ніж при одноставковому тарифі, що дає змогу суттєво зменшити експлуатаційні витрати без вкладення коштів у капітальне будівництво [10, 11].

**Висновки.** Водопровідно-каналізаційна галузь по енергоспоживанню відноситься до найбільш енергоємних, а вартість спожитої електроенергії становить одну з головних часток, що формують собівартість води, тому актуальними є заходи, спрямовані на зменшення енергоспоживання шляхом оптимізації сумісної роботи споруд у системах водопостачання та зниження витрат за споживані енергоресурси при використанні багатозонних тарифів.

Нічні тарифи для підприємств при двозонній тарифікації більш ніж у 3,8 рази нижчі, ніж у денний період доби, а при тризонній тарифікації у піковий період доби більш ніж у 7 разів вищі, аніж у нічний час, тому в діючих системах водопостачання при достатній продуктивності доцільно макси-

мально завантажувати водозабірні споруди вночі, а в пікові години найбільшого навантаження на енергосистему всі водозабірні свердловини з роботи відключати, що дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати.

При проектуванні нових водопроводів, при збільшенні нерівномірності подачі води насосами у денний і нічний період залежно від коефіцієнта зонування, виникає потреба у збільшенні потужності водозаборів та місткості регулюючих споруд, що вимагає додаткових капітальних витрат і техніко-економічного порівняння різних варіантів.

Встановлено показники вартості електроенергії при дії багатозонних тарифів для різних коефіцієнтів зонування порівняно з одноставковим тарифом при рівномірній подачі води протягом доби. Це дозволяє обґрунтувати доцільність встановлення багатотарифних лічильників в системах водопостачання, а також при проектуванні нових водопроводів досліджувати режими роботи споруд із різним коефіцієнтом зонування, порівнювати капіталовкладення й вартість спожитої електроенергії при цьому та вибирати найбільш економічно вигідний варіант із найменшими приведеними витратами.

### Бібліографія

1. Адаменко И. Потенциал энергоэффективности при водоснабжении и водоотведении – практические примеры в Украине / И. Адаменко, А. Ковтун. – WİLO Украина. – К.: 2009. – 7 с.
2. Скочило Д.Б. Гидравлическое моделирование как основа управления развитием и эксплуатацией системы подачи и распределения воды / Д.Б. Скочило, Л.И. Кантор, А.Ф. Хатыпов // Водоснабжение и санитарная техника, № 3, 2008. – С. 19-24.
3. Агаджанов Г.К. Пути снижения расхода электроэнергии в водопроводно-канализационном хозяйстве / Г.К. Агаджанов // Сб. докл. Межд. Конгресса "Экология, технология, экономика водопровода и канализации". – Ялта, 1999. – С. 47-49.
4. Полищук С.И. Энергосберегающие технологии для предприятий ЖКХ и не только... / С.И. Полищук, И.С. Кутрань // Вода і водоочисні технології, 2010, № 3-4. – С. 64-67.
5. Агеев М.К. Современные направления оптимизации систем водоснабжения / М.К. Агеев // Водоснабжение и санитарная техника, № 12, 2014. – С. 4-14.
6. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – К.: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
7. Хомутецька Т.П. Енергоощадне водопостачання / Т.П. Хомутецька – К.: Аграрна наука, 2016. – 304 с.
8. Інформаційний ресурс [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/GK4298.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/GK4298.html) Постанова НКРЕ від 20.12.2001 № 1241 (із змінами та доповненнями).
9. Інформаційний ресурс <https://kyivenergo.ua/ee-company/tarifi> Тарифи на електричну енергію (крім населення).
10. Хомутецька Т.П. Дослідження доцільності застосування багатозонних тарифів на електроенергію у водопостачанні / Т.П. Хомутецька, Г.А. Сизоненко // Меліорація і водне господарство. Вип.101. – К.: ІВПіМ НААН, 2014. – С. 112-123.
11. Хомутецька Т.П. Енергоощадне водопостачання: проблеми і рішення (на прикладі Чернігівського водопроводу) / Т.П. Хомутецька, Г.А. Сизоненко // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук-техн. зб. Вип.23. – К.: КНУБА, 2014. – С. 53-59.

Сизоненко А.А.

### Исследование стоимости потребленной электроэнергии в системах водоснабжения из подземных источников при изменении коэффициента зонирования и действии многозонных тарифов

Приведены результаты исследований стоимости потребленной электроэнергии в системах водоснабжения при применении многозонных тарифов и различных режимах подачи воды водозаборными скважинами в регулируемую емкость.

Syzonenko H.A.

### Research the value of consumed electric power in water supply systems from underground sources by change of the zoning coefficient and the effect of multi-zone tariffs

The article contains results of researching cost of consumed electric energy in water supply systems by using multi-zone tariffs and different modes supply water by water intake wells to the regulating volume.

УДК 631.1:338.43

## ОПТИМІЗАЦІЯ ГАЛУЗЕВОЇ СТРУКТУРИ АГРОЕКОСИСТЕМ НА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ПОЛІССЯ

**Ю.О. ТАРАРІКО**, док. с.-г. наук,  
Інститут водних проблем і меліорації НААН  
**А.О. МЕЛЬНИЧУК**, канд. с.-г. наук,  
Інститут сільського господарства Полісся НААН  
**В.П. ЛУКАШУК**, канд. с.-г. наук,  
Інститут водних проблем і меліорації НААН

*У статті наведено економічне оцінювання різних варіантів використання агроресурсного потенціалу меліорованих територій Правобережного Полісся, що проводилось за результатами імітаційного моделювання перспективних сценаріїв розвитку типового сільськогосподарського підприємства.*

*Встановлено, що максимальна прибутковість підприємства досягатиметься за формування інфраструктури з вирощуванням і переробкою продукції льонарства, високопродуктивним тваринництвом з отриманням готових до споживання продуктів харчування, біоенергії і органічних добрив за умови ефективного регулювання водно-повітряного режиму на меліорованих землях.*

**Ключові слова:** Правобережне Полісся, оптимізація галузевої структури, імітаційне моделювання, агроєкосистема, агроресурсний потенціал, економічна оцінка

**Проблема та її актуальність.** У зв'язку з глобальним потеплінням клімату зростає значення меліорованих земель у зоні достатнього зволоження, зокрема Правобережного Полісся. Це пов'язано з тим, що такі зміни в Лісостепу і, особливо, в Степу призводять до зниження сприятливості умов для вирощування всіх польових культур та підвищення варіабельності їх врожайності за роками, однак, зі зниженням гідротермічного коефіцієнта в зоні Полісся, навпаки, можна очікувати позитивні тенденції в продуктивності сільськогосподарських угідь. У таких умовах потрібно оцінити агроресурсний потенціал зони осушення і визначити напрями його раціонального використання.

Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу осушуваних земель на сьогодні набувають особливої актуальності. Вирішення зазначених питань дозволить приймати науково обгрунтовані стратегічні та оперативні управлінські рішення, опираючись на конкретні кількісні та якісні показники врожайності окремих сільськогосподарських культур і продуктивності сівозмін залежно від рівня застосування агротехнологій та особливостей кліматичних умов.

**Методика досліджень.** З метою створення ресурсо- та енергозберігаючих, економічно ефективних моделей агроєкосистем на меліорованих землях Правобережного Полісся опрацьовано імітаційні моделі аграрного виробництва та перспективні варіанти розвитку ТОВ «Український харчовий альянс» Коростенського

району Житомирської області, що здійснювали шляхом багатоваріантного імітаційного комп'ютерного моделювання засобами EXCEL і EXESS. У процесі моделювання використовували довідкові матеріали [1, 2, 3].

Для цього застосовано типові методики та розроблено спеціальні методичні підходи щодо проведення імітаційного комп'ютерного моделювання [4].

Економічне оцінювання різних варіантів використання агроресурсного потенціалу Правобережного Полісся проводили на основі наявних показників, отриманих у результаті імітаційного моделювання перспективних сценаріїв розвитку елементарних, абстрактних та існуючих виробничих систем. Для характеристики ефективності тієї чи іншої моделі розвитку аграрного виробництва було використано такі показники: капітальні затрати, рентабельність, строк окупності, дохід, собівартість і чистий прибуток. Виробничі витрати включають: технологічні витрати в рослинництві на вирощування культур і в тваринництві – на утримання тварин, вартість мінеральних добрив у варіантах, де їх вносять, витрати на експлуатацію переробних модулів, а також на експлуатацію меліоративної системи. За експертними оцінками вартість реконструкції меліоративних систем, у межах яких знаходиться територія господарства, приймалася рівною 3525 у.о./га [5, 6, 7, 8].

**Результати досліджень.** В оренді ТОВ «Український харчовий альянс» знаходиться 2850,5 га ріллі, які розташовані в

межах сільських рад с. Холосне, с. Домолоч і с. Обиходи. У господарстві вирощують такі культури: пшеницю озиму, жито озиме, овес, кукурудзу на зерно, люпин на зелену масу та льон. Практика ведення аграрного виробництва є загальноприйнятною для регіону Правобережного Полісся.

Для отримання певного асортименту і обсягів продукції за моделями розвитку підприємства потрібно здійснити відповідні капіталовкладення для проведення міжгалузевих оптимізацій (табл. 1).

Найдешевша інфраструктура характерна для суто рослинницької спеціалізації з вирощуванням зернових та льону, переробкою трести та створенням ефективної роботи меліоративної системи – 13,7 млн. у.о. або 4,8 у.о./га (Модель №1).

Такого ж рівня капітальні затрати, але без реконструкції меліоративної системи, потрібні для поновлення машинно-трак-

торного парку та створення тваринницької галузі – 14,1 млн у.о. (Модель №2).

Додаткова організація переробки і зберігання продукції тваринництва потребує ще 2 млн у.о. та становить разом за Моделлю №3 16,1 млн у.о.

Вартість будівництва і обладнання біогазової установки з електростанцією і виробництвом теплової і електроенергії – 3,25 млн. у.о., разом за Моделлю №4 – 18,4 млн.

Найбільш суттєвою частиною витрат у інфраструктурі – понад 10 млн. у. о., порівняно з тваринництвом, переробкою і біоенергетичною установкою є реконструкція та модернізація меліоративної системи, яка забезпечує регулювання водно-повітряного режиму ґрунту (Модель №1) і становить більше половини сумарної вартості складових виробничої системи за Моделлю №4.

Водночас, забезпечення необхідного водного режиму ґрунту та застосування

### 1. Фінансові затрати на створення інфраструктури за моделями розвитку підприємства, тис. у.о.

Складові інфраструктури	Моделі						
	№1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№6	№7
Механізація рослинництва	-	904	904	904	904	723	2537
Механізація льонарства	279	-	-	-	-	279	978
Елеватор	-	219	219	219	342	280	983
Тваринницькі приміщення	-	5409	5409	5409	9240	7392	25933
Обладнання для МТФ	-	458	458	458	783	626	2198
Магочне поголів'я	-	4248	4248	4248	7858	5806	20370
Біогазова установка (БГУ)	-	-	-	3253	5558	4446	15599
Переробка молока	-	-	1718	1718	2630	2192	7688
Переробка м'яса	-	-	188	188	322	258	903
Переробка льону	3400	-	-	-	-	3400	3400
Склади для продукції	-	-	123	123	188	157	550
Сховища для кормів	-	1623	1623	1623	2798	2238	7852
Сховища для добрив	-	1233	1233	242	392	316	1109
Меліоративна система (ОЗС)	10048	-	-	-	10048	10048	32250
Разом	13727	14093	16122	18385	40463	38162	25349
Разом тис. у.о./га	4,8	4,9	5,7	6,5	14,2	13,4	12,5

органо-мінеральної системи удобрення, яка, в свою чергу, забезпечується наявністю розвинутого тваринництва, дає змогу істотно підвищити продуктивність ріллі.

Відповідно, трансформація всього досягнутого потенціалу біопродуктивності в продукти харчування, біоенергію і органічні добрива потребує суттєвого збільшення потужності усіх складових інфраструктури до необхідного рівня: сховищ для кормів, поголів'я тварин, ферм, обладнання, блоків переробки продукції, її зберігання. У результаті сумарні капітальні затрати на створення системи аграрного виробництва на засадах меліоративного землеробства (Модель №5) зростають порівняно з базовою Моделлю №4 з 18,4 до 40,5 млн у.о. або у 2,2 рази.

Доповнення такої системи блоком вирощування і переробки льону буде супроводжуватися зниженням капітальних затрат за рахунок скорочення потужності інших, більш дорогих, складових інфраструктури до 38,2 млн у.о. (Модель №6).

Просторовий розвиток галузевої структури з 3 до 10 тис. га відповідно до можливих обсягів переробки льону потребуватиме інвестицій на рівні 87,2 млн у.о. (Модель №7).

Впровадження галузевої структури згідно сценарію Моделі №1 дозволить забезпечити валовий дохід на рівні 9,3 млн у.о. Причому, на продукції переробки трести льону припадає 7,3 млн у.о. або більше як 78% (табл. 2).

Реалізація незбираного молока і живої ваги великої рогатої худоби, а також економія на мінеральних добривах за рахунок рецирку-

ляції біогенних елементів з гноєм дасть змогу щорічно отримувати більше як 11,2 млн у.о. (Модель №2), частка молока в якій становить 86% або 9,6 млн у.о.

Доповнення такої інфраструктури модулями з переробки молока і м'яса (Модель №3) буде супроводжуватися зростанням валового доходу до рівня 18,3 млн у.о. Важливо, що за рахунок глибини переробки і підвищення рівня рециркуляції макро- і мікроелементів з органічними добривами економія на мінеральних туках збільшується з 400 до 540 тис. у.о. або в середньому на 25%.

За впровадження біоенергетичної установки (Модель №4) за рахунок тепло- та електроенергії додатково можна буде отримувати більше як 2,3 млн у.о. або збільшити валовий дохід на 11% (до 20,6 млн у.о.).

З переходом до ведення аграрного виробництва на засадах меліоративного землеробства (Модель №5) така галузева структура забезпечуватиме щорічне надходження 31,9 млн у.о.

Доповнення виробничої системи блоком вирощування і переробки льону (Модель №6) буде супроводжуватися збільшенням валового доходу до 35,7 млн у.о. або на 10%. До того ж за рахунок продукції льонарства буде додатково надходити майже 9 млн у.о., продуктів тваринництва – 22,7 млн у.о., енергоносіїв – 3,1 млн у.о. та економії мінеральних добрив – 1,0 млн у.о. Розширення такої виробничої структури з 3 до 10 тис. га забезпечуватиме валовий дохід на рівні 144 млн у.о. (Модель №7).

За рослинницької спеціалізації аграрного виробництва в системі меліоративного земле-

## 2. Формування валового доходу, тис. у.о.

Продукція	Моделі							
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	
Зерно	1621	-	-	-	-	-	-	
Солома	347	-	-	-	-	-	-	
Молоко	-	9643	-	-	-	-	-	
Жива вага	-	1174	-	-	-	-	-	
М'ясо	-	-	1503	1503	2568	2055	26399	
Сири	-	-	10328	10328	15629	13080	45888	
Вершки	-	-	5914	5914	9017	7525	26399	
Електроенергія, млн кВт-год.	-	-	-	1884	3053	2461	8633	
Теплоенергія, тис. Гкал	-	-	-	458	742	598	2097	
Нитка, шпагат	7299	-	-	-	-	8968	31463	
Добрива (економія)	аміачна селітра	-	125	208	208	338	432	1515
	суперфосфат	-	97	119	119	190	225	788
	калій хлористий	-	182	210	210	333	359	1259
Разом	9267	11219	18282	20623	31869	35702	144441	
Разом, тис. у.о./га	3,3	3,9	6,4	7,2	11,2	12,5	14,5	

робства щорічні виробничі затрати будуть на рівні 2,9 млн у.о., зокрема на вирощування і переробку трести льону – майже 2 млн. у.о. або 67% за умови частки льону в структурі посівних площ 20% (табл. 3).

За створення тваринницької галузі на кормовій базі, що забезпечується агротехнологіями без регулювання водного режиму ґрунтів, на вирощування культур і утримання тварин потрібно щорічно витратити 5,7 млн у.о. (Модель №2). З доповненням такої інфраструктури модулями з переробки молока і м'яса витрати на виробництво зростуть на 20% (до 7,1 млн. у.о.) (Модель №3), біоенергетичною установкою – лише на 2% (Модель №4).

За формування біоенергетичної інфраструктури на базі меліоративного землеробства виробничі витрати перевищать 11,6 млн у.о. (Модель №5). Залучення до такої галузевої структури вирощування і переробки льняної сировини (Модель №6) збільшить цей показник до 12,2 млн у.о., а розширення

площі землекористування з 3 до 10 тис. га – до 42,3 млн у.о. (Модель №7). До того ж, питома вага у загальних затратах галузі льонарства складатиме 21%, а більш повне використання можливостей з переробки трести дає змогу знизити питоми затрати на виробництво з 4,3 до 4,2 тис. у.о./га.

Порівняльний економічний аналіз досліджуваних варіантів виробничої діяльності показує, що за рослинницької спеціалізації з регулюванням водно-повітряного режиму ґрунту, вирощуванням і переробкою трести льону (Модель №1) чистий прибуток буде на 822 тис. у.о. або на 13% більшим порівняно з класичною тваринницькою галузевою структурою Моделі №2 (табл. 4). За приблизно рівних капітальних затрат і валового доходу це пояснюється значно вищими виробничими затратами на вирощування кормів і утримання тварин. Це також пояснює вдвічі нижчий рівень рентабельності такої виробничої системи.

### 3. Виробничі затрати за різної галузевої структури аграрного виробництва, тис. у.о.

Виробничі затрати	Моделі						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Вирощування культур	897	2279	2279	2279	3635	2968	10412
Вирощування і переробка льону	1954	-	-	-	-	2513	8817
Експлуатація ОЗС	71	-	-	-	71	71	250
Експлуатація БГУ	-	-	-	163	325	325	650
Утримання тварин	-	3419	3419	3419	5453	4452	15617
Переробка молока	-	-	1140	1140	1818	1484	5206
Переробка м'яса	-	-	286	286	488	390	1369
Разом	2923	5698	7122	7285	11628	12203	42320
Разом, тис. у.о./га	1,0	2,0	2,5	2,6	4,1	4,3	4,2

### 4. Економічна ефективність варіантів розвитку підприємства

Показники	Моделі						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Капітальні затрати, тис. у.о.	13727	14093	16122	18385	40463	38162	125349
Валовий дохід, тис. у.о.	9267	11219	18282	20623	31869	35702	125248
Виробничі витрати, тис. у.о.	2923	5698	7122	7285	11628	12203	42320
Чистий прибуток, тис. у.о.	6344	5522	11160	13338	20070	23499	82927
Чистий прибуток, у.о./га	2226	1937	3915	4679	7044	8244	8293
Строк окупності, років	2,2	2,6	1,4	1,4	2,0	1,6	1,5
Рентабельність, %	217	97	157	183	173	193	196

Створення у виробничій системі блоку переробки продукції тваринництва є потужним прийомом підвищення рівня прибутковості підприємства. Так, чистий дохід за сценарієм Моделі №3 зростає до Моделі №2 удвічі, з 5,5 до 11,2 млн у.о., зі збільшенням рентабельності з 97 до 157%. Будівництво біоенергетичної установки також є економічно доцільним і сприяє, без зростання строків окупності капітальних затрат на створення всієї виробничої системи, помітному підвищенню її прибутковості до 13,3 млн у.о. або на 15% (Модель №4). Одночасно, рентабельність підприємства після повернення капітальних вкладень в інфраструктуру збільшиться з 157 до 183%.

Досягнення сталої високої біопродуктивності в рослинництві в системі меліоративного землеробства (Модель №5) також є основою вагомого підвищення чистого доходу. Незважаючи на високий рівень капіталовкладень і значні витрати на виробництво, прибутковість порівняно з попереднім варіантом інфраструктури зростає до 20,1 млн у.о. або на 44%, з рентабельністю 173%.

Доповнення такої інфраструктури складовою вирощування і переробки льону буде супроводжуватися збільшенням чистого прибутку до 23,5 млн у.о. або на 15%. Враховуючи більш дешеву (на 5%) інфраструктуру, це є суттєвою перевагою сценарію Моделі №6. Збільшення площі використання такої галузевої структури з 3 до 10 тис. га буде

супроводжуватися незначним покращенням усіх оцінюваних показників.

**Висновки.** Результати модельного експерименту з оцінки ефективності різних моделей інфраструктури сільськогосподарського виробництва на прикладі ТОВ «Український харчовий альянс» підтвердили їх перспективність.

Найвищу віддачу на одиницю виробничих затрат (рентабельність) забезпечує рослинницька спеціалізація на засадах меліоративного землеробства з пріоритетом вирощування льону та переробки його сировини з чистим прибутком 2,2 тис. у.о./га. Максимальна прибутковість підприємства на рівні 8,3 тис. у.о./га буде досягтися збалансованим розвитком інфраструктури з ефективними меліоративними заходами, високоефективним тваринництвом, переробкою сировини у продукти харчування, біоенергії, продукції льонарства і органічних добрив. Перспективним також може бути розширення площі виробничої системи, зокрема на засадах кооперації з іншими сільськогосподарськими підприємствами регіону.

За формування будь-якого варіанту моделей у короткі строки їх вибір визначається наявністю власних фінансових ресурсів або доступністю кредитів. Можливі варіанти еволюційного розвитку на основі поступового вдосконалення галузевої структури і збільшення чистого прибутку.

### Бібліографія

1. *Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України.* – К.: 1994. – 162 с.
2. *Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства.* – К.: 1998. – С. 158.
3. *Формування біоенергетичних агроєкосистем в зоні Полісся України. (Рекомендації). Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва Лівобережного Полісся.* – К.: ДІА, 2012. – 248 с.
4. *Образцов А.С. Системный метод: применение в земледелии / А.С. Образцов.* – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
5. *Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві: теорія, методологія, практика / За ред. П.Т. Саблука, Ю.Ф. Мельника, М.В. Зубця, В.Я. Месель-Веселяка.* – К.: 2008. – 652 с.
6. *Ільчук М.М., Ібатулін Ш.І., Мельникова І.В., Андронович І.І. Організаційно-економічне обґрунтування виробничої програми по рослинництву. Методичні вказівки / Відповід. за випуск: проф. М.М. Ільчук – К.: Нічлава, 2006. – 112 с.*
7. *Brody S. Bioenergetics and growth. N.Y. Hafner. 1945. – 1023 p.*
8. *Nicolas H. Stern. The economics of climate change: the Stern review / Nicolas H. – Great Britain: Treasury. – 2008. – 657 p.*

**Ю.А. Тарарико, А.О. Мельничук, В.П. Лукашук**  
**Оптимизация отраслевой структуры мелиоративных агроэкосистем**  
**в правобережном Полесье**

*В статье приведена экономическая оценка различных вариантов использования агроресурсного потенциала мелиорированных территорий Правобережного Полесья, которая проводилась по результатам имитационного моделирования перспективных сценариев развития типичного сельскохозяйственного предприятия.*

*Установлено, что максимальная доходность предприятия достигается при формировании инфраструктуры с выращиванием и переработкой продукции льноводства, высокопроизводительным животноводством с получением готовых к употреблению продуктов питания, биоэнергии и органических удобрений при условии эффективного регулирования водно-воздушного режима на мелиорируемых почвах.*

**Yu.A. Tarariko, A.O. Melnychuk, V.P. Lukashuk**  
**Optimization of branch structure meliorative agroecosystems in right-bank Polissya**

*The article shows the economic evaluation of different use cases agroresources capacity of the reclaimed territories of the right Bank Polissya, it was conducted on the simulation results of prospective scenarios of development of a typical agricultural enterprise.*

*It is established that the maximum profitability to be achieved in the formation of the infrastructure with the growing and processing of flax, high-performance animal getting ready to eat food, bioenergy and organic fertilizers in terms of effective regulation of water-air regime in the reclamation system.*



УДК 631.622.631.8.4.

## ЕКОЛОГО-АГРОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ У СПОЛУЧЕННІ ІЗ СИДЕРАЦІЄЮ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ ПОЛІССЯ

**О.П. ЧМЕЛЬ**

Інститут агроєкології та природокористування НААН України

*Проаналізовано вплив хімічної меліорації дерново-підзолистого ґрунту в короткочасній сівозміні в зоні Чернігівського Полісся. Встановлено, що доповнення хімічної меліорації проміжною сидерацією дозволяє зменшити непродуктивні втрати оксиду кальцію, азоту та водорозчинного гумусу, оцінено втрати біогенних елементів з інфільтраційними водами на різних агрофонах.*

**Ключові слова:** хімічна меліорація, дерново-підзолисті ґрунти, вузькоспеціалізовані сівозміни, сидерат, втрати біогенних елементів

**Постановка завдання.** Однією з причин низької природної родючості дерново-підзолистих ґрунтів, що переважають у ґрунтово-кліматичній зоні Полісся, яка характеризується періодично-промивним типом водного режиму, є їх підвищена кислотність, обумовлена наявністю в ґрунтах високої концентрації іонів водню, алюмінію, заліза і марганцю та низьким вмістом у ґрунтовопоглинальному комплексі катіонів кальцію і магнію [1, 2, 3].

На сильнокислих ґрунтах практично не можна вирощувати високоінтенсивні культури: цукрові буряки, люцерну, конюшину. Озима пшениця, ячмінь, горох і віка при обробітку на таких ґрунтах значно знижують урожай.

Кислотність – причина поганих водно-фізичних властивостей ґрунтів і специфічної засміченості полів, оскільки більшість бур'янів кисла реакція ґрунту не гнітить. При підвищеній кислотності неможливо створити сприятливе азотне і фосфорне живлення рослин, навіть при достатніх запасах цих елементів у ґрунті, а від внесених добрив не вдається отримати високу окупність. Через негативну дію на кореневу систему вільного алюмінію знижується посухостійкість і зимостійкість озимих культур; життєдіяльність азотофіксуючих, вільноживучих і бульбочкових бактерій пригнічена, різко падає продуктивність польових культур і природних кормових угідь. У середньому недобір рослинницької продукції порівняно з урожаєм, який можна отримати при оптимальній реакції ґрунту, досягає на кислих 6-7, на середньокислих 4-5 кормових одиниць [4, 5].

Тільки по Чернігівській області площі ґрунтів із надлишковою кислотністю становлять понад 0,4 млн. га.

Як відомо, корінним прийомом надлишкової кислотності слід вважати вапнування з дозою кальцію 3-5 т / га, що розраховується виходячи з початкової гідролітичної кислотності, помноженої на коефіцієнт 1,5. Одна тонна  $\text{CaCO}_3$  знижує рН на 0,12–0,15 одиниць [6, 7].

Класичне вапнування важливе, доцільне і при високій культурі землеробства окупається за рік-два. Однак воно високовитратне, а з огляду на біологію ґрунту не завжди ефективне, оскільки мета кореневого агроприйому (вапнування) – змінити властивості ґрунту, обумовлені його генезисом. Виконані нами багаторічні дослідження (2008-2016 рр.) показали, що зелені добрива у проміжних посівах дозволяють значно зменшити міграцію вологи за межі кореневмісного шару ґрунту, знизити концентрацію біогенних елементів у ґрунтовому розчині і зменшити їх невиробничі втрати [8].

**Методика досліджень.** Дослідження проводили в польовому стаціонарному досліді з культурами: кукурудза – пшениця яра – люпин вузьколистий – пшениця озима (сидерат проміжних посівів), а також у стаціонарній лізиметричній установці. Ґрунти в польовому досліді і стаціонарній лізиметричній установці ідентичні – дерново-підзолисті середньокультурені з агрохімічною характеристикою орного шару: рН $\text{KCl}$  – 4,9; вмістом гумусу (за Тюриним) – 1,1 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  (за Кірсановим) – 160 мг на кг ґрунту,  $\text{K}_2\text{O}$  (за Масловою) – 60 мг на кг ґрунту.

Агрохімічний аналіз ґрунту і рослин та якість врожаю проводили за загальноприйнятими методиками [9].

Лізиметрична установка побудована в 1971-1972 рр. за індивідуальним проектом Чернігівського філіалу у відповідності з

методичними вказівками Б.А. Голубєва, Є.Ф. Арінушкіної [10] і складається з 48 секцій-лізиметрів, розміщених у два паралельних ряди по 24 лізиметра в кожному. Під ними розміщуються сосуди-приймачі для збирання фільтрату. За конструкцією лізиметри – бетонні, насипного типу з ретельно виконаною п'ятишаровою гідроізоляцією. Лізиметричні чарунки заповнені ґрунтом послідовно, починаючи з материнської породи з урахуванням потужності генетичного горизонту.

Посівна площа лізиметричної чарунки 3,8 м<sup>2</sup>, шар ґрунту однієї чарунки – 155 см, маса ґрунту в одній чарунці 10,5 т.

Площа ділянок у польових дослідах 102 м<sup>2</sup>, повторність – чотирикратна. Як сидерат використовували суміш редьки олійної (8 кг/га) та жита озимого (120 кг/га), строк посіву – I декада серпня.

Облік урожаю польових культур – суцільний поділяночний, урожайні дані обробляють методом дисперсійного аналізу (за Б.А. Доспеховим) [11].

Агротехніка культур – загальноприйнята для зони Полісся.

**Результати досліджень.** Установлено, що при продуктивності сівозміни по фоні мінеральних добрив 6-4 к.од з га внесення вапна в дозі 3 т/га підвищувало продуктивність на 9 % в дозі 1,5 т/га, на 6 % в дозі 1 т/га, а також на 6 %. Різниця між традиційним вапнуванням вар. 2 і вапнуванням із зменшеною нормою склала 0,2 т. к. од. на користь традиційного вапнування. Проте дане зниження врожайності знаходиться у межах помилки досліду; йдеться

лише про тенденцію зниження урожаю при зменшенні норм вапна у 3 рази (вар.3 і 4, табл. 1, відносно вар. 2).

Під дією вапна втрати водорозчинного гумусу зросли з 20 до 36 кг/га, або в 1,3 рази, кальцію з 56 до 210 кг/га, або 3,8 рази, магнію у 1,5 рази, а втрати нітратного азоту з 41 до 103 кг/га, або у 2,5 рази (вар.2 відносно вар. 1). Зменшення дози вапна до 1 т/га призвело до зниження втрат біогенних елементів через міграційні процеси відносно варіанту з класичним вапнуванням на 12-60% (вар. 4 відносно вар. 2), доповнення системи удобрення і хімічної меліорації сидерацією дозволило значно зменшити втрати водорозчинного гумусу в 2 рази, кальцію в 3 рази, азоту 1,2 рази (табл. 1, вар. 3 порівняно з вар. б).

Таким чином, в умовах дерново-підзолистих середньокультурених ґрунтів мінеральну систему удобрення в поєднанні з традиційним вапнуванням доцільно доповнювати сидерацією, що дозволяє значно підвищити продуктивність сівозміни – на 1 т.к. од з га, зменшити втрати гумусу та біогенних елементів. Невисокі дози вапна 1,5 і 2 т/га у поєднанні з сидерацією дозволяють забезпечити продуктивність сівозміни на рівні традиційної системи удобрення і традиційної хімічної меліорації.

Дослідження показали, що під дією вапнування та сидерації змінювалися показники агрохімічної характеристики ґрунту. Так, відносно вихідного зразка кислотність знизилася на 0,4-0,2 од., незначно зріс вміст гумусу, а також рухомих форм фосфору і доступних – калію. Найбільш суттєві показники за варі-

### 1. Продуктивність сівозміни (польовий дослід) і втрати біогенних елементів (лізиметричний дослід) за ротацію сівозміни

№ варіанта	Варіант	Продуктивність сівозміни		Втрати в кг/га, середнє за рік					
		т.к.е.	%	Гумус водорозчинний	CaO	MgO	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Фон I – N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,40	100	20,4	56	18,6	41	3,6	6,0
2	Фон +вапно, 3 т/га	7,00	109	36,0	210	28,0	103	4,8	3,0
3	Фон +вапно, 1,5 т/га	6,80	106	24,5	146	24,0	64	4,0	3,0
4	Фон +вапно, 1 т/га	6,80	106	24,0	86	22,0	48	4,0	2,6
5	Фон II – N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + сидерат *	6,70	105	14,0	44	17,8	32	3,0	2,0
6	Фон II + вапно, 3 т/га	8,00	125	26,0	72	22,8	54	4,0	2,4
7	Фон II + вапно, 1 т/га	7,20	113	16,0	58	14,0	50	4,0	2,4
8	Фон II + вапно, 0,5 т/га	6,95	109	16,0	44	12,8	42	3,0	2,0
НІР0,99		3,1		0,14	6,0	2,0	3,4	0,3	0,4

## 2. Зміна агрохімічних показників поверхневого шару ґрунту (0-20 см) під дією вапнування та сидерації

№ вар.	Варіант	рН (КСІ)	Гумус в % (за Тюриним)	мг на 1 кг ґрунт			Біологічна активність, мг CO <sub>2</sub> /год
				N л.г.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (за Кірсановим)	K <sub>2</sub> O (за Масловою)	
1	Вихідний зразок	5,1	1,1	84	180	66	128
2	Контроль (Фон N60P40K60)	4,9	1,0	40	140	56	90
3	Вапно, 3 т/га	5,3	1,2	120	196	64	196
4	Вапно, 1 т/га	5,1	1,1	102	184	68	140
5	Вапно, 3 т/га + сидерат	5,3	1,2	140	200	80	202
6	Вапно, 1 т/га + сидерат	5,2	1,1	120	198	70	184
НІР	0,1	0,04	8	2	0,4	4,0	

антом із внесенням вапна в дозі 3 т/га у поєднанні з сидерацією; при зниженні доз вапна зміна агрохімічних показників орного шару ґрунту відбувається більш низькими темпами. Важливо, що біологічна активність ґрунту (здоров'я ґрунту) під дією мінеральних добрив при їх односторонньому внесенні зменшилась проти контролю на 30 %, під дією вапнування підвищилася в 1,5 рази, а у поєднанні вапна і сидерату підвищилася в 1,6 рази (табл. 2, вар.3 і 5 відносно вар.1).

Економічні розрахунки показали, що хімічна меліорація протягом чотирьох років при дозі вапна 3 т/га забезпечує чистий дохід 1320 грн/га, при рівні рентабельності 52 %, при цьому 1,0 гривня, витрачена на придбання та внесення матеріалів, окупається 1,5 грн. Зменшення норми вапна до 1 т забезпечує рентабельність більше 200 %, а окупність витрат більше 3 грн на 1 гривню. Внесення

вапна спільно з сидерацією дозволяє отримати з гектара дохід біля 7 тис.грн/га, оскільки приріст складає більше 6 т/га, при окупності витрат 3 грн/грн.

**Висновки.** В умовах дерново-підзолистих середньоокультурених ґрунтів із надлишковою кислотністю можливе зменшення доз вапнякових матеріалів з 3 т/га до 1 т/га, що дозволяє знизити втрати водорозчинного гумусу та біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту в 1,5-3,0 рази.

За будь-якої дози вапнякових матеріалів проміжна сидерація сприяла зменшенню втрат вологи, гумусу та біогенних елементів. Найбільш високий ефект досягається при традиційному вапнуванні. Вапнування в поєднанні з проміжною сидерацією активізує біологічну активність ґрунту та покращує агрохімічні показники. На наше переконання, цей захід економічно вигідний.

### Бібліографія

1. Бойко Є.І. *Агровиробничі властивості ґрунтів Чернігівської області і засоби підвищення їх родючості.* – К.: 1963. – 51 с.
2. *Методические рекомендации по внедрению научно обоснованной системы земледелия в хозяйствах Черниговской области.* – Чернигов, 1983. – 224 с.
3. Гриник І.В., Бардаков А.Г., Бакун Ю.О. та ін. *Наукові основи агропромислового виробництва Чернігівської області.* – Чернігів: РВК «Деснянська правда», 2004. – 344 с.
4. Авдонин Н.С. *Свойства почвы и урожай.* – М.: Колос, 1965. – 486 с.
5. Шильников И.А. *Сочетание известкования с применением органических и минеральных удобрений // Химия в сельском хозяйстве.* – 1967. – № 9. – С. 2-5.
6. Минеев В.Г. *Основные направления исследований влияния погодных-климатических условий на эффективность удобрений. Эффективность удобрений при различных погодных и климатических условиях.* Тр. ВИУА. – М.: 1985. – С. 8-16.

7. Мазур Г.А. Потенційна та ефективна родючість ґрунту // *Агрохімія та ґрунтознавство. – Ґрунти – екологія – продовольство. – Частина II. – Харків, 1988. – С. 94-96.*
8. Сидерати в сучасному землеробстві: науково-виробниче видання (монографія) / [Шувар І.А., Бердніков О.М., Центило Л.В. Сендецький В.М. та ін.]; за ред. І.А. Шувара. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. – 156 с.
9. Агрохімічний аналіз: Підручник / М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін. / За ред. М.М. Городнього. – К.: Арістей, 2005. – 468 с.
10. Аринушкіна Е.Н. *Руководство по химическому анализу почв (2-е издание) / Е.Н. Аринушкіна – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.*
11. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.*

**Чмель Е.П.**

**Еколого-агрохімічні аспекти хімічної меліорації в поєднанні з сидерацією на дерново-подзолистих ґрунтах Полісся**

*Проаналізовано вплив хімічної меліорації дерново-подзолистої ґрунту в короткочасному севообороті в зоні Чернігівського Полісся. Встановлено, що доповнення хімічної меліорації проміжної сидерацією дозволяє зменшити непродуктивні втрати оксиду кальцію, азоту та водорозчинного гумусу, оцінені втрати біогенних елементів з інфільтраційними водами на різних агрофонах.*

**Chmel O.P.**

**Ecological-agrochemical aspects of chemical reclamation in the connected with green manuring on sod-podzol soils of Polissya**

*The influence of chemical melioration of sod-podzolic soils in the short-rotation crop rotation in the zone of Chernigov Polissya is analyzed. It is established that the addition of chemical melioration with intermediate sideration makes it possible to reduce the unproductive losses of calcium oxide, nitrogen and water-soluble humus, the losses of biogenic elements with infiltration waters on different soil fertilities have been estimated.*

УДК 631.62:631.432:633.2

## ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР (ПАЙЗИ, АМАРАНТУ ТА КОРМОВИХ БОБІВ) НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

М.В. ЯЦИК, канд. тех. наук,  
Г.В. ВОРОПАЙ, канд. тех. наук,  
С.М. КІКА

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Наведено результати аналітичних досліджень досвіду вирощування пайзи, амаранту та кормових бобів на осушуваних землях. Обрано ряд критеріїв (продуктивність та адаптаційна здатність, енергетична та поживна цінність, спектр використання), які вказують на перспективність вирощування цих культур на осушуваних землях. Наведено результати досліджень на пілотних ділянках Сарненської дослідної станції (СДС), де в несприятливих погодних умовах було забезпечено досить високу урожайність їх вегетативної маси.*

**Ключові слова:** високопродуктивні кормові культури, площа листкової поверхні, рівень ґрунтових вод, вологість ґрунту, водоспоживання

**Проблема та її актуальність.** Однією з перспективних галузей сільськогосподарського виробництва в гумідній зоні України є тваринництво, сталий розвиток якого неможливий без надійної кормової бази. Тому кормовиробництво є важливим напрямком ефективного використання та однією з пріоритетних галузей землеробства на осушуваних землях [1].

Важливу роль у виборі видів кормових культур для вирощування на осушуваних землях відіграють зміни клімату, які формують агрокліматичні умови їх вирощування, та мікрокліматичні, водно-фізичні і агрохімічні особливості осушуваних земель гумідної зони.

Практика свідчить, що сільськогосподарське виробництво традиційних кормових культур в специфічних ґрунтово-кліматичних умовах осушуваних земель не дає змогу повністю задовольнити потреби тваринництва у кормах. Висока вимогливість традиційних кормових культур до температурного, водного та поживного режимів не завжди дозволяє отримувати їх стабільні врожаї. Вирощування цих культур вимагає також енергоємної підготовки ґрунту та високоякісного захисту від шкідників, хвороб та бур'янів, що призводить до високої собівартості кормів [2, 3].

Тому актуальним є впровадження у сільськогосподарське виробництво на осушуваних землях високопродуктивних та рентабельних кормових культур, які б могли гармонійно доповнити традиційні культури (кукурудза, люцерна та ін.) та підвищити ефективність використання осушуваних земель.

У вирішенні цієї проблеми важлива роль належить культурам, які мають різноманітні

напрями використання та значний адаптивний і продуктивний потенціал при вирощуванні в складних агрокліматичних умовах гумідної зони.

Інтродукційні дослідження по виявленню перспективних кормових культур започатковані ще у 1932 – 1940 рр. в Українському науково-дослідному інституті кормів (нині ІАПВ НААН), де з метою розширення та покращання кормової бази відділом селекції проведено збір та вивчення нових кормових культур (кропиви, полину, пирію сизого, кровоголовки, астрагалу, в'язелю та амаранту), а в 1950 р. – чумизи та пайзи.

Своє продовження та розвиток даний напрямок знайшов у дослідженнях по створенню сортів кормових культур, розробці технологій їх вирощування та оцінці кормової цінності (в першу чергу для застосування у зелених конвесах) багатьох науково-дослідних установ та вузів України. Великий внесок у культивуванні нових кормових культур в Україні Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НААН України, де створено багату колекцію перспективних кормових культур, з яких біля 40 сортів занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [4].

Важливе місце серед високопродуктивних кормових культур займають пайза, амарант та кормові боби, зацікавленість до яких виникла наприкінці 80-х років минулого століття. Наукові результати дають підставу зробити висновок про їх перспективність для вирощування на зелений корм і силос на забруднених радіонуклідами осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся [2, 4 – 9].

В умовах зростання посушливості клімату найбільш перспективною є пайза, оскільки вона відноситься до найбільш посухостійких просових злаків. Ця культура тільки починає набувати популярність і її поки що відносять до нетрадиційних кормових культур. Однак, завдяки своїм біологічним особливостям у найближчий час, як свідчить світовий досвід, без неї не буде обходитися жодна кормова база [4, 5, 10, 11].

Аналіз літературних джерел щодо інтродукції пайзи в різних еколого-географічних зонах України засвідчив перспективність її вирощування, в т. ч. і в умовах Західного Полісся України [12].

Амарант – цінна кормова, продовольча та лікарська культура, зелену масу якої можна використовувати в тваринництві як у свіжому вигляді, так і для приготування силосу та білково-вітамінного концентрату. За амінокислотою збалансованістю зелена маса амаранту наближається за якістю до люцерни, а в порівнянні з іншими бобовими культурами відрізняється більш високим вмістом лізину. Для годування свиней протеїн зеленої маси амаранту близький до ідеального [4, 7, 13, 14].

Однак, в Україні амарант донині не отримав широкого застосування. Його культивують у деяких прогресивних господарствах в основному як кормову культуру. Площа посівів амаранту є незначною у Київській, Кіровоградській, Миколаївській, Дніпропетровській та Одеській областях і не перевищує 5 тис. га.

У США, Німеччині та деяких країнах Африки вивчаються можливості вирощування зерна амаранту в промислових масштабах для харчової промисловості та кормовиробництва [10, 14].

У вирішенні проблеми забезпечення білком кормів велика роль належить зернобобовим культурам, а саме кормовим бобам, які є не тільки джерелом білка, а й добрими попередниками для інших культур в сівозміні. Поживні властивості дають змогу використовувати цю культуру для всіх видів тварин у вигляді шроту, трав'яного борошна, силосу, зеленої маси. Кормові боби як джерело рослинного білка, збалансованого амінокислотами та з високим вмістом вітамінів, особливо необхідні для нормального розвитку молодяку сільськогосподарських тварин. Однак, площі посівів цієї культури в Україні є незначними (біля 10 тис. га) [4, 8, 9].

Найбільш урожайною кормовою культурою, яка забезпечує щорічне одержання понад 60 – 65 т/га зеленої маси або 7,2 –

8,4 т/га кормових одиниць, є пайза. Окрім цього, це дуже вологовитривала культура, яка невибаглива до попередників та якості обробітку ґрунту і потребує мінімального догляду за посівами. Амарант – культура, яка містить велику кількість незамінних вітамінів та амінокислот, має дуже високий коефіцієнт розмноження. За сприятливих умов забезпечує одержання понад 50 – 60 т/га вегетативної маси. Кормові боби відзначаються високим вмістом білку і, відповідно, найвищою кормовою цінністю. Крім того, ця культура стійка до весняних заморозків, що дуже важливо при вирощуванні на осушуваних торфових ґрунтах. За сприятливих умов забезпечує одержання понад 40 т/га вегетативної маси або 35 – 40 т/га зерна.

Економічна значимість вирощування пайзи, амаранту та кормових бобів полягає в тому, що за однакових витрат на обробіток ґрунту, посів, догляд за посівами і збирання забезпечується висока урожайність та якість кормів. Вони є високоенергетичними, екологічно чистими, можуть використовуватися для виробництва спирту і в пивоварінні (пайза), багаті на вітаміни, макро- і мікроелементи, мають високий вміст сирого протеїну в зерні (в 2 – 3 рази більше порівняно з іншими зерновими культурами) та найбільш продуктивні серед зернобобових культур (кормові боби), відрізняються високою адаптаційною здатністю в ґрунтово-кліматичних умовах гумідної зони.

Ряд критеріїв (висока продуктивність, адаптаційна здатність, енергетична та поживна цінність, спектр використання, в т.ч. кормове, продовольче, лікарське) дають підстави стверджувати про перспективність вирощування пайзи, амаранту, кормових бобів на осушуваних землях.

Розширення видів та забезпечення врожайності високопродуктивних кормових культур у польовому кормовиробництві потребує розроблення надійних та досконалих параметрів водорегулювання, які забезпечать обґрунтування раціональних меліоративних режимів осушуваних ґрунтів.

Тому **метою** досліджень є вивчення досвіду та перспектив вирощування пайзи, амаранту, кормових бобів на осушуваних землях та встановлення особливостей їх водоспоживання для розроблення раціональних параметрів водорегулювання при їх вирощуванні.

**Методика та результати досліджень.** Методика проведення досліджень включає проведення метеорологічних спостережень впродовж вегетаційного періоду, досліджень

динаміки рівня ґрунтових вод та вологості в кореновому шарі ґрунту на різних глибинах, процесів водоспоживання пайзи, амаранту та кормових бобів, визначення їх біометричних характеристик.

Дослідження проводили на торфоболотному масиві «Чемерне» СДС ІВПіМ НААН (Рівненська обл.). Вибраний пілотний об'єкт досліджень з урахуванням природно-кліматичних умов та конструктивно-технологічних особливостей меліоративної системи є репрезентативним для території гумідної зони.

Аналіз метеофакторів (опадів, температури повітря) за багаторічний період спостережень на об'єкті досліджень вказує на загальну тенденцію підвищення зимових середньодобових значень температур та зниження літніх, зростання максимальної кількості опадів за добу та їх повторюваність, зміщення строків вегетації.

Так, якщо на початку 80-х рр. ХХ ст. кількість річних опадів була близькою до 600 мм, а за вегетаційний період – 400 мм, то останніми роками кількість річних опадів становить близько 400 мм, а за вегетаційний період – 300 мм. Зниження сумарної кількості річних опадів відбувається зі швидкістю 54,5 мм за 10 років, а зменшення кількості опадів за вегетаційний період – 49,2 мм.

Загальною тенденцією в останні два десятиліття є значний ріст теплозабезпеченості вегетаційного періоду та тривалості вегетаційного періоду (з 206 – 210 днів на початку 80-х рр. ХХ ст. до 210 – 217 днів – в останні роки).

За вегетаційний період 2016 р. кількість опадів становить 176 мм, що на 224 мм (56 %) менше середнього багаторічного значення. За місяцями вегетаційного періоду опади розподілені нерівномірно.

Показники середньомісячної температури повітря впродовж вегетаційного періоду пере-

вищували їх багаторічні значення в середньому на 1,5 °С.

Пізні весняні заморозки було зафіксовано 17 травня (-1,1 °С), 11 червня (-0,6 °С) та 12 червня (-1,1°С), які дуже сильно пошкодили досліджувані культури.

Заморозок на ґрунті, який був 17 травня, майже повністю знищив посіви пайзи та амаранту, і в кінцевому результаті їх довелося повторно пересівати 19 травня. Заморозки на ґрунті, які були 11 та 12 червня, також досить істотно пошкодили дослідні ділянки пайзи та амаранту, які були уже повторно посіяні. Слід зазначити, що кормові боби завдяки своїй холодостійкості практично не зазнали пошкоджень, однак спостерігалось незначне уповільнення їх росту.

Як показали дослідження, пайза та амарант досить повільно ростуть і розвиваються на початку вегетації (травень-початок червня). Починаючи з кінця червня динаміка росту усіх досліджуваних культур істотно підвищується, а максимальні показники лінійного приросту відмічаються протягом липня-серпня (табл. 1).

Площа листової поверхні кормових бобів в період свого максимуму була в межах 61,6 – 66,5 тис. м<sup>2</sup>/га. Максимальна площа листової поверхні відмічена на 70 – 75 день після появи сходів. У цілому для бобів характерним є доволі повільне формування листової поверхні до 45 – 50 дня після появи сходів, а найбільш інтенсивне її наростання – у період 20 – 30 червня (рис. 1).

Асиміляційна поверхня амаранту в період свого максимуму становить 79,2 – 90,3 тис. м<sup>2</sup>/га. Найбільш інтенсивне наростання листової поверхні було у період 20 червня – 10 липня. У амаранту повільно формувалася листовка поверхня (до 30 дня після появи сходів), надалі спостерігалось стрімке збільшення її показників. Максимальні показники

### 1. Настання основних фаз росту і розвитку пайзи, амаранту, кормових бобів на торфоболотному масиві «Чемерне» СДС, 2016 р.

Культура	Дата посіву	Сходи		Поява справжнього листка, (кущення)	Бутонізація, (колосіння)	Цвітіння	
		поява	повні			початок	повне
Кормові боби	19.04	29.04	5.05	10.05	9.06	24.06	10.06
Амарант	19.05	25.05	26.05	1.07	10.07	19.07	22.07
Пайза	19.05	27.05	28.05	3.07	25.07	17.08	20.08



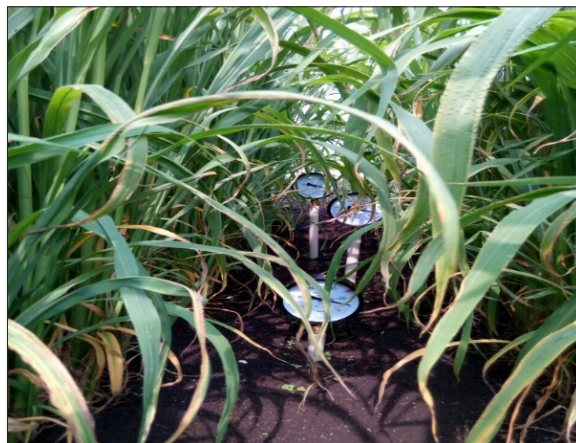
**Рис. 1. Вирощування кормових бобів, торфоболотний масив «Чемерне» СДС**

асиміляційної поверхні амаранту припадають на 70 – 75 день після появи сходів (рис. 2).



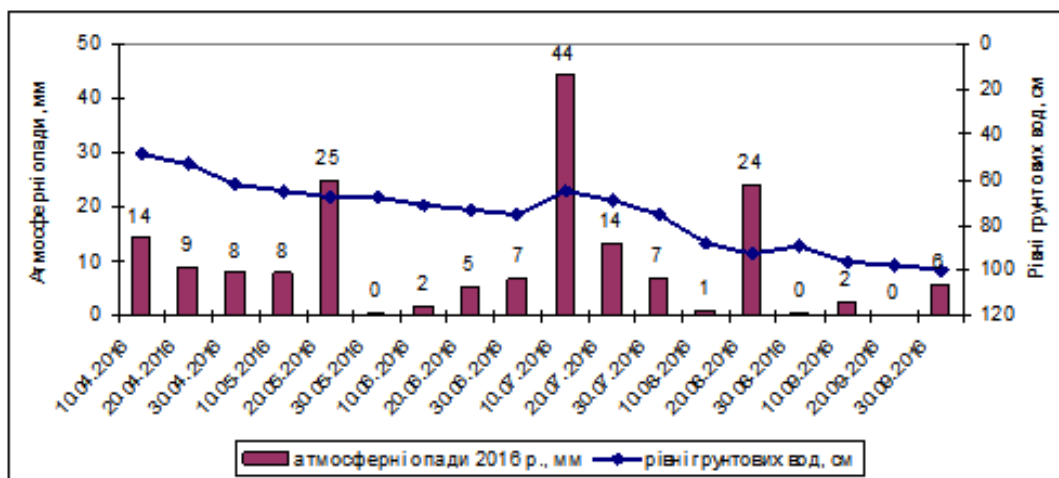
**Рис. 2. Вирощування амаранту, торфоболотний масив «Чемерне» СДС**

Листкова поверхня пайзи в період свого максимуму становила 118,0 – 123,0 тис. м<sup>2</sup>/га. Характерним було повільне формуванням листкової поверхні до 28 – 30 дня після появи сходів, після чого відбувалось стрімке її збільшення. Максимальні показники асиміляційної поверхні відмічені на 80 – 90-й день після появи сходів. Найбільш інтенсивне наростання листкової поверхні пайзи припадає на період 20 червня – 20 липня (рис. 3).



**Рис. 3 Вирощування пайзи, торфоболотний масив «Чемерне» СДС**

У цілому в умовах 2016 р. по усіх досліджуваних кормових культурах одержано середні показники урожайності, що пояснюється, перш за все, впливом недостатньої кількості атмосферних опадів та високої середньодобової температури повітря. Також у період сходів спостерігалось пересихання верхнього 10-сантиметрового шару ґрунту. Значної шкоди вирощуваням



**Рис. 4 Динаміка РГВ та розподіл атмосферних опадів впродовж вегетаційного періоду 2016 р. (торфоболотний масив «Чемерне» СДС)**



кормовим культурам завдали пізні весняні заморозки.

Однак, у цих умовах пайза, амарант та кормові боби забезпечили досить високу урожайність вегетативної маси понад 350-400 ц/га або 50-60 ц/га кормових одиниць. Найвищими показниками урожайності вегетативної маси (475,0 – 570,0 ц/га) відзначається пайза.

Динаміка рівня ґрунтових вод (РГВ) свідчить, що велика кількість опадів (до 41 мм за декаду) неістотно вплинула на його положення (рис. 4).

Упродовж вегетаційного періоду РГВ знаходився в межах 55 – 98 см, що сприяло росту і розвитку досліджуваних культур. У періоди з незначною кількістю атмосферних опадів (друга половина вегетації) РГВ знаходився на відмітці нижньої межі оптимального діапазону. Разом з тим, у цих умовах не виявлено явних ознак пригнічення росту і розвитку досліджуваних культур, що свідчить про те, що пайза, амарант та кормові боби добре витримують посушливі періоди.

Вологість ґрунту на дослідних ділянках протягом вегетаційного періоду була близькою до оптимальної, що забезпечило достатні вологозапаси для росту і розвитку досліджуваних кормових культур. Запаси продуктивного вологи у шарі 0 – 50 та 0 – 100-сантиметровому шарі ґрунту, з урахуванням атмосферних опадів, становили близько 290 та 480 мм.

Водоспоживання пайзи, амаранту та кормових бобів мало відносно невисокі показники (223,0 – 274,9 мм). Це обумовлено впливом погодних умов. Найбільша величина споживання вологи кормовими бобами зафіксована у фазу інтенсивного накопичення вегетативної маси (цвітіння-формування бобів) і становила 102 мм за декаду. У пайзи макси-

мальні показники водоспоживання спостерігалися у період з 20 червня по 10 липня (фаза виходу в трубку); у амаранту – впродовж липня (фаза куцнення-викидання волоті) і становили відповідно 119 та 105 мм.

Результати натурних досліджень (метеорологічні та фенологічні спостереження, дослідження динаміки РГВ та вологості в кореневому шарі ґрунту, водоспоживання), які отримано на пілотному об'єкті СДС, будуть використані при обґрунтуванні раціональних меліоративних режимів при вирощуванні пайзи, амаранту та кормових бобів на осушуваних землях.

**Висновки.** 1. Вивчення досвіду вирощування пайзи, амаранту та кормових бобів свідчить, що ці кормові культури мають значний адаптивний та продуктивний потенціал, ряд біологічних переваг та особливостей, які обумовлюють перспективність та доцільність їх вирощування в складних ґрунтово-кліматичних умовах осушуваних земель.

2. У несприятливих погодних умовах вегетаційного періоду 2016 року (нестача опадів в окремі періоди, пізні весняні заморозки) пайза, амарант та кормові боби забезпечили урожайність вегетативної маси – понад 350 – 400 ц/га або 50 – 60 ц/га кормових одиниць. Найвищими показниками урожайності вегетативної маси (475,0 – 570,0 ц/га) відзначається пайза.

3. Найбільше споживання вологи кормовими бобами спостерігалось у фазу інтенсивного накопичення вегетативної маси (цвітіння-формування бобів) і становило 102 мм за декаду. У пайзи максимальні показники водоспоживання відмічено в період з 20 червня по 10 липня (фаза виходу в трубку); амаранту – впродовж липня (фаза куцнення-викидання волоті) і становили відповідно 119 та 105 мм.

### Бібліографія

1. Зубець М.В. Наукові основи агоропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / М.В. Зубець, В.П. Ситник. – К.: Урожай, 2004. – 558 с.
2. Приведенюк В.М. Вирощування пайзи на радіаційно-забруднених ґрунтах Полісся / В.М. Приведенюк, Д.М. Пономарчук // Вісник аграрної науки. – 2001. – №4. – С. 58–60.
3. Шевченко В.П. Кормовые культуры на осушенных землях / В.П. Шевченко. – М.: Колос, 1977. – С. 88–116.
4. Утеуш Ю.А. Кормові ресурси флори України / Ю.А. Утеуш, М.Г. Лобас. – К.: Наукова думка, 1996. – 218 с.
5. Утеуш Ю.А. Новые перспективные кормовые культуры / Ю.А. Утеуш. – К.: Наукова думка, 1991. – 192 с.
6. Зосимчук О.А. Вирощування малопоширених і нетрадиційних кормових культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся / О.А. Зосимчук, М.Д. Зосимчук // Вісник Львівського національного аграрного університету. – Серія “Агрономія”. – № 13. – 2009. – С. 434–440.

7. Веремеснко С.І. Енергетична та економічна ефективність агрозаходів при вирощуванні багаторічних злакових трав на осушуваних торфових ґрунтах / С.І. Веремеснко, С.І. Коваль / Вісник ХНАУ ім. В.Докучаєва, 2005. – №1. – С. 156–161.
8. Бабич А.О. Світове виробництво однорічних зернових бобових культур для вирішення проблеми білка і біологічного азоту / А.О. Бабич, В.Ф. Петриченко, А.А. Побережна // Матеріали Першої Всеукраїнської (міжнародної) конференції по проблемі “Корми і кормовий білок” 16–17 листопада 1994 р. – Вінниця, 1994. – С. 164–165.
9. Осадець Я. Кормові боби – цінна кормова культура / Я. Осадець, В. Вівчарик // Пропозиція. – 2002. – № 11. – С. 45–47.
10. Зосимчук О.А. Кормова та насіннева продуктивність пайзи на осушуваних торфових ґрунтах західного полісся / О.А. Зосимчук // Інтенсифікація технологій – шлях до підвищення ефективності землеробства: матеріали Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. 20 грудня 2012 р. – Рівне, 2012. – С. 48–51.
11. Стецюк М. Перспективна пайза / *The Ukrainian Farmer*. – 13 May. – 2015. – P. 90.
12. Царик З.О. Результати селекції нових кормових культур в умовах Західного регіону України / З.О. Царик // Вісник аграрної науки. Спеціальний випуск, липень. – 2001. – С. 93–95.
13. Веремеснко С.І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся / С.І. Веремеснко. – Луцьк, Вид-во Надстир'я, 1997. – 312 с.
14. Onyango C.M., Imungi J.K., Mose L.O., Harbinson J., Olaf Van Koteen. Feasibility of commercial production of amaranth leaf vegetable by small scale farmers in Kenya // *African Crop Science Conference Proceedings*. – 2009. – Vol. 9. – P. 767–772.

**Н.В. Яцык, Г.В. Воропай, С.М. Кика**

**Опыт и перспективы выращивания высокопродуктивных кормовых культур (пайзы, амаранта и кормовых бобов) на осушаемых землях в условиях изменений климата**

Приведены результаты аналитических исследований опыта выращивания пайзы, амаранта и кормовых бобов на осушаемых землях. Определен ряд критериев (продуктивность и адаптационная способность, энергетическая и питательная ценность, спектр использования), которые указывают на перспективность выращивания этих культур на осушаемых землях. Приведены результаты исследований на пилотных участках Сарненской опытной станции (СОС), где в неблагоприятных погодных условиях была обеспечена достаточно высокая урожайность вегетативной массы.

**M.V. Yatsyk, G.V. Voropay, S.M. Kika**

**Experiences and prospects for growing high-yield fodder crops (barnyard grass, amaranth and fodder beans) on drained lands under climate change**

The results of analytical researches on the cultivation of barnyard grass, amaranth and fodder beans on drained lands are given. A number of criteria have been selected (productivity and adaptive capacity, energy and nutritional value, spectrum of use), which indicate the perspective of growing these crops on drained lands. The results of researches on the pilot sites of the Sarnenska experimental station (SES), where a rather high productivity of their vegetative mass was provided under the heavy weather conditions, are presented.

УДК 631.6:631.63

## ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОСУШУВАНИХ ТОРФОВИЩ У МЕЛІОРАТИВНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

С.С. КОЛОМІЄЦЬ, канд. с.-г. наук,  
І.М. ПИЛИПЧУК, аспірант,  
Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Запропоновано модель каскадних меліоративних систем, що забезпечує секвестрацію емісій парникових газів, відтворення торфового покладу, а також підвищення біорізноманіття та водозабезпеченості осушувально-зволожувальних меліоративних систем в умовах аридизації клімату*

**Ключові слова:** відтворення торфу, секвестрація CO<sub>2</sub>, водозабезпеченість.

**Метою статті** є проведення за аналітичним оглядом публікацій ранжування екологічних проблем при використанні у землеробстві осушуваних торфовищ та визначення напрямків збалансування екологічних і продуктивних функцій торфовищ за збереження їх землеробського використання за сучасних умов інтенсивних кліматичних змін.

**Сучасний стан. Постановка проблеми.** Осушування торфових боліт, проведене за радянських часів на території України та Білорусі, мало за мету збільшення посівних площ і підвищення зайнятості населення, тобто мало важливе соціальне значення. Однак рішення про осушення було, більшою мірою, політично вмотивованим, за якого не розглядали та не оцінювали віддалені екологічні наслідки широкомасштабних осушувальних меліорацій.

За сучасних умов переходу до екологічного імперативу йде екологічне переоцінювання сільськогосподарського виробництва з позиції порушення біогеохімічних циклів головних біогенних елементів – нітрогену, вуглецю та кисню. Сучасне порушення глобальної кліматичної системи Землі, що супроводжується швидкими змінами клімату у бік потепління та аридизації, пов'язують зі зростанням емісій головних парникових газів – діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>), закису нітрогену (N<sub>2</sub>O) і метану (CH<sub>4</sub>). І саме сільськогосподарські угіддя є одними з головних емітентів цих парникових газів. А серед усіх угідь саме осушені торфовища є рекордсменами емісій парникових газів. Такі суттєві порушення біогеохімічних циклів головних біогенних елементів, зокрема вуглецю, пов'язані з тим, що на території торфових боліт, які займають лише 3% суші, сконцентровано до 30% світових запасів задепонованого вуглецю [1, 2], а їхнє активне використання в сільськогосподарському виробництві за осушування

призводить до інтенсивного біохімічного розкладу торфового покладу із суттєвими емісіями парникових газів до атмосфери. При мінералізації 1 т органічної речовини на її окислювання використовується 0,727 т кисню (O<sub>2</sub>) [3]. При депонуванні органічної речовини під час торфоутворення спостерігається протилежний процес – торфові болота стають емітентами кисню до атмосфери, причому ефект збагачення атмосфери киснем за торфоутворення приблизно на порядок перевищує ефект від лісової рослинності [2]. Цей факт порушує відомий стереотип, за яким вважається, що ліси – це легені планети. Так, щорічна маса депонування вуглецю болотами України становить понад 7 млн. т [2], отже при цьому атмосфера збагачується більш ніж на 5 млн. т кисню на рік.

Існуюча система землеробського використання осушуваних торфових ґрунтів призводить до односпрямованого спрацювання торфового покладу, а застосування різних сівозмін тільки регулює, певною мірою, швидкість такого спрацювання. Вирощування високоінтенсивних культур – овочевих, просапних суттєво інтенсифікує процес розкладу органічної речовини торфу до 20-30 т/га на рік [4]. Тому для продовження використання осушуваних торфових угідь рекомендують зерно-трав'яні сівозміни з подовженим лучним періодом, які знижують щорічні втрати органічної речовини майже на порядок – до 2-7 т/га [5]. Окрім повільного розкладу органічної речовини на осушуваних торфовищах суттєво зростає ризик виникнення пожеж, що призводять до залпових викидів діоксиду вуглецю, інших екологічно небезпечних газів та регіонального задимлення атмосфери, причому щорічні залпові викиди CO<sub>2</sub> у результаті пожеж є порівнюваними за масштабами з річними емісіями парникових газів з осушуваних торфовищ [3, 6]. При пожежах також

вивільняється до атмосфери величезна кількість енергії, задепонованої в органічній речовині торфу [7].

Слід відзначити, що осушення та сільськогосподарське використання осушуваних торфових ґрунтів має цілий спектр сучасних і віддалених негативних екологічних наслідків для довкілля [8]. Тому виникає питання економічного оцінювання екологічних збитків від господарського використання осушуваних торфовищ та порівняння його з економічною ефективністю землеробства на цих землях.

Досвід такого оцінювання мають білоруські вчені [6]. За їхніми висновками станом на 2008 р. сільськогосподарське виробництво на осушуваних землях з торфовими ґрунтами протягом останніх п'ятнадцяти років було економічно збитковим через те, що оцінювані екологічні збитки природі перевищували доходи від господарського використання у 1,26 рази. Тобто, для збалансування екологічних збитків і доходів продуктивність меліоративного землеробства потрібно підвищити як мінімум на 26%.

Такий підхід важливий для формування екологічно виваженої державної політики щодо використання осушуваних торфовищ, яка має бути спрямована на їхню максимальну ренатуралізацію через економічну недоцільність малоінтенсивного і низькоприбуткового використання торфовищ у землеробстві. Так, наприклад, в Україні було осушено 824,5 тис. га з 1414,0 тис. га торфо-болотних угідь, тобто 58% [9]. Така надмірна осушеність гідроморфних ландшафтів порушує їхні загальнобіосферні функції і, в першу чергу, газорегуляторні функції, які є складовою біогеохімічних циклів головних біогенних елементів.

При оцінюванні екологічних збитків головним компонентом осушуваних агроландшафтів – ґрунтам, атмосфері, воді та живій природі встановлено, що на порушення діоксидного балансу атмосфери припадає 51,2% загальної вартості екологічних збитків, збитки живій природі складають 38,6%, на забруднення поверхневих вод припадає 9%, а на спрацювання і вигорання торфовища – лише 1,2% від загальної вартості екологічних збитків [6]. Фактично такими підрахунками білоруських вчених проведено ранжирування екологічних проблем, що необхідно вирішувати при екологічному збалансуванні меліоративного землеробства на осушуваних торфовищах.

**Обґрунтування заходів екологічного збалансування.** Відповідно з ранжованою величиною екологічних збитків першочергово

необхідно збалансувати екологічні збитки атмосфері, які перевищують 50% загальної суми. Серед емісій парникових газів, що мають місце з осушуваних торфовищ, масштаби емісій до атмосфери  $\text{CO}_2$  становлять від одиниць т/га на рік і більше, емісії закису нітрогену ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – від одиниць до перших десятків кг/га на рік, а метану ( $\text{CH}_4$ ) – десятки і сотні кг/га на рік. Тому слід вважати, що екологічні збитки атмосфері кількісно визначаються саме емісіями діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) [3, 10].

Емісії  $\text{CO}_2$  з осушуваних торфовищ на порядок перевищують їх стік у природні непорушені торфо-болотні екосистеми. Балансовий стік  $\text{CO}_2$  у природні нативні болотні екосистеми верхового типу (оліготрофні) становить, у середньому, 1,451 т/га на рік, а в болота низинного (евтрофні) і перехідного (мезотрофні) типу, в середньому, удвічі менше – 0,713 т/га на рік. Тоді як емісії  $\text{CO}_2$  з осушуваних низинних торфовищ сягають 9,72 т/га на рік, а з вироблених і розроблюваних торфовищ – 13,8 т/га на рік [3].

Фактично, для збалансування емісій до атмосфери та стоку в болотні екосистеми парникових газів, першочергово діоксиду вуглецю, допускається осушення тільки деякої частини торфо-болотного фонду. Тому, в перспективі, державна політика України має бути спрямована на ренатуралізацію понаднормативних площ осушуваних торфовищ. Тобто, із загальної площі 1414,0 тис. га торфо-болотних угідь України, з яких осушується 824,5 тис. га [9], площі осушення необхідно знизити до 141 тис. га.

Інтенсивно розвивається міжнародна співпраця в напрямку ренатуралізації і повторного заболочування вироблених і неефективно використовуваних осушуваних торфовищ у рамках Програми розвитку ООН Глобальний екологічний фонд (ПРООН/ГЕФ). За цією програмою, згідно з Кіотським протоколом, за доведений обсяг секвестрації діоксиду вуглецю болотними екосистемами виплачується винагорода, яка орієнтовно становить 6 євро/га на рік.

У рамках цієї міжнародної програми на теренах пострадянського простору в Білорусі та Російській Федерації вже повторно заболочено з відновленням торфонакопичення десятки тисяч гектарів торфо-болотних угідь. В Україні з 2010 р. також проводиться підготовчий етап у рамках ПРООН/ГЕФ. Однак, стримувальними факторами розвитку цієї міжнародної програми є фактична ліквідація добровільного вуглецевого ринку, що

був запроваджений відповідно до Кіотського протоколу, а також розпаювання і персоналіфікація в Україні меліорованих земель, що вимагає їхньої консолідації для відновлення технологічної цілісності.

Робочою моделлю інноваційного підходу до екологічної гармонізації використання в землеробстві осушуваних торфовищ є *створення* так званих *каскадних меліоративних систем*. Меліоративна система з осушуваними торфовими ґрунтами поділяється на каскад із десяти модулів, де, за блочно-модульним принципом, одночасно тільки 10% території осушується та інтенсивно використовується в землеробстві, без огляду на темпи спрацювання органічної речовини, а на 90% території відтворюється болотний режим із відновленням торфонакопичення. Згодом передбачається зміна модулів інтенсивного сільськогосподарського використання через 5-10 років. При цьому на заболочених модулях для підвищення швидкості накопичення рослинної мортмаси і підтримання їх у належному стані може бути передбачене зимове скошування і подрібнення надводної болотної трав'янистої і деревинно-чагарникової рослинності. Таке співвідношення площ забезпечить балансний стік парникових газів з інтенсивно використовуваного модуля, а, найголовніше, забезпечить відтворення органічної речовини торфу і розірве пагубний односпрямований процес спрацювання торфового покладу за використання осушуваних торфовищ у меліоративному землеробстві. Технічні аспекти таких каскадних меліоративних систем поки що не розглядаються.

Періодична зміна інтенсивного використання кожного модуля забезпечить принцип сівозмін у часі і просторі. За проведеним еколого-економічним аналізом доведено, що економічно доцільним є тільки високорентабельне інтенсивне використання осушуваних земель [5].

*На осушуваному модулі* з інтенсивним сільськогосподарським використанням передбачається вирощування високорентабельних овочевих, просяпних культур, ягідників (наприклад лохини) із застосуванням локальних способів зволоження, внесення меліорантів, агрохімікатів та засобів захисту рослин, а також запровадження системи управління мікрокліматом і захисту від радіаційних приморозків (наприклад створенням штучного туману), що є вельми актуальним для осушуваних торфовищ.

Фіксація на території каскадної меліоративної системи блочно-модульної меліо-

ративної інфраструктури і підтримання її у функціональному стані забезпечить зростання гетерогенності меліоративного ландшафту із зростанням протяжності екотонів, що буде сприяти зростанню біорізноманіття [11]. У перспективі це дасть можливість використовувати територію такої меліоративної системи як мисливські угіддя.

*Модулі з болотним режимом і відтворенням торфонакопичення* стануть резерватом водних ресурсів, адже вологомісткість торфовищ сягає 90%, що, загалом, підвищить вологозабезпеченість не тільки меліоративної системи, але й річкового басейну. Це дасть можливість використовувати зааккумуляовані водні ресурси для зволоження не тільки інтенсивно використовуваного модуля, але й полів довкола меліоративної системи. При цьому, буде свідомо створюватися ефект водооборотних систем, коли стік з оточуючих територій через заболочені модулі буде очищуватися від біогенних елементів, тобто вони будуть виконувати роль біоплато. Привнесення на заболочені модулі біогенних елементів підвищуватиме їх трофність, що буде сприяти нарощуванню біомаси на них. На таких каскадних меліоративних системах з'являється можливість дослідження і управління швидкістю депонування органічної речовини і торфонакопичення та відновлення багатогранних біосферних функцій гідроморфних ландшафтів, що є надзвичайно актуальним в сучасних умовах інтенсивних кліматичних змін.

**Висновки.** Сучасний стан сільськогосподарського використання осушуваних торфовищ є економічно недоцільним і суттєво порушує загальнобіосферні функції гідроморфних ландшафтів, завдаючи екологічних збитків головним їх компонентам: атмосфері, живій природі, воді та ґрунтам, коли вони перевищують чистий дохід від їхнього сільськогосподарського використання.

Сучасне землеробське використання осушуваних торфовищ спрямоване на повне спрацювання біомаси торфу. Створення каскадних меліоративних систем є перспективним інноваційним підходом до екологічного збалансування використання в меліоративному землеробстві осушуваних торфовищ, які забезпечуватимуть:

– балансове поглинання парникових газів з модулів, що інтенсивно використовують у землеробстві (10% території) на 90% території заболочених модулів з відновленням торфонакопичення, депонуванням CO<sub>2</sub> та збагаченням атмосфери киснем;

– підвищення гетерогенності меліоративного ландшафту з відродженням біорізноманіття;  
 – збільшення водоакумуляції на заболочених модулях та підвищення якості водних ресурсів у басейнах річок;  
 – розірвання односпрямованого процесу спрацювання торфяного покладу шляхом відтворення торфонакопичення на 90%

території каскадної меліоративної системи.  
 Високоінтенсивне землеробське використання осушуваних модулів без лімітування темпів розкладу органічної речовини з підвищенням керованості ґрунтово-кліматичних умов забезпечить економічну доцільність і прибутковість меліоративного землеробства в ринкових умовах господарювання.

### Бібліографія

1. Бондар О.І., Коніщук В.В. Гелологія: концепція розвитку, методологія, сучасна парадигма вивчення боліт, торфовищ та їх екологічна паспортизація // *Агроекологічний журнал*, 2011. – Спецвипуск. – С. 25-30.
2. Коніщук В.В. Імплементція оселищної директиви ЄС щодо Рамсарських водно-болотних угідь Полісся України // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Управління водними ресурсами в умовах змін клімату», присвяченої Всесвітньому дню води 21 березня 2017 р.* – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2017. – С. 92-93.
3. Ракович В.А. Сравнительная оценка источников и стоков диоксида углерода и метана в осушенных и нативных торфяно-болотных экосистемах // *Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель: материалы Международной научно-практической конференции, 20-22 сентября 2005 г.* – Минск, 2005. – С. 340-342.
4. Сільськогосподарське використання осушуваних земель гумідної зони України. Методичні рекомендації. – К.: *Аграрна наука*, 2000. – 75 с.
5. Раціональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні і нормативно-правові аспекти: колективна монографія / За ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера. – Харків: *Смугаста типографія*, 2015. – 428 с.
6. Копытовских А.В., Бохонко В.И. Эффективность осушения болотных экосистем в Белорусском Полесье // *Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. научных трудов // Под общей ред. Ю.А. Мажайского.* – Вып. 3. – Рязань: *Межсервисный филиал ГНУ ВНИИГИМ Россельхозакадемии*, 2008. – С. 344-348.
7. Оцінка екологічних збитків екосистем на основі енергетичних показників / Я.П. Дідух, В.В. Расевич, С.О. Гаврилов, У.М. Альошкіна // *Наука та інновації*, 2009. – №5. – Т. 5. – С. 62-72.
8. Екологія водно-болотних угідь і торфовищ (збірник наукових статей) // *Гол. ред. В.В. Коніщук.* – К.: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2014. – 300 с.
9. Торфяно-земельний ресурс України (концепція комплексного використання) / За ред. В.П. Ситника, Р.С. Трускавецького. – Харків: *ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського»*, 2010. – 71 с.
10. Эколого-экономическое обоснование мелиорации торфяно-болотных комплексов и технологии их рационального использования (Под общей ред. проф. Ю.А. Мажайского). – Рязань: *ФГБОУ ВПО РГАТУ*, 2012. – 302 с.
11. Коломієць С.С. Методичні підходи до оцінки та оптимізації агроландшафтного облаштування меліоративних систем гумідної зони України / С.С. Коломієць, М.В. Яцик // *Меліорація і водне господарство.* – Вип. 95. – К., 2008. – С. 196-202.

**С.С. Коломієць, І.М. Пилипчук**

### Экологически сбалансированное использование осушаемых торфяников в мелиоративном земледелии

*Предложена модель каскадных мелиоративных систем, обеспечивающая секвестрацию эмиссий парниковых газов, воспроизведение торфяной залежи, а также повышение биоразнообразия и водообеспеченности осушительно-увлажнительных мелиоративных систем в условиях аридизации климата.*

**S.S. Kolomiets, I.M. Pyypchuk**

### Ecologically balanced use of drained peat lands in the field of land reclamation

*A model of cascade meliorative systems providing sequestration of greenhouse gas emissions, reproduction of a peat deposit, as well as increasing the biodiversity and water availability of drainage-humidifying reclamation systems under conditions of climate aridization.*

УДК 626.87:631.432.1

## РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ НА МАСИВАХ ІЗ ЛОКАЛЬНИМ РОЗВИНЕНИМ МІКРОРЕЛЬЄФОМ

**Н.В. МОЗОЛЬ**

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Наведено результати досліджень процесу регулювання водного режиму ґрунтів на територіях з локальним розвиненим мікрорельєфом за допомогою вдосконалених модульних дренажних систем. Встановлено, що впровадження запропонованих систем забезпечує оптимальний водний режим ґрунтів відповідно до вимог вирощуваних культур незалежно від геоморфологічних умов.*

**Ключові слова:** меліоровані землі, меліоративна система, розвинений мікрорельєф, регулювальна мережа.

**Проблема та її актуальність.** Площа меліорованих земель гумідної зони України становить 3,3 млн. га, з них понад 1,0 млн. га характеризуються несприятливим меліоративним станом для ведення аграрного виробництва [1]. Сучасний технічний стан систем, антропогенне навантаження на меліоровані агроландшафти, особливо агротехнічні та агро меліоративні заходи, спричиняють негативні процеси зміни стану поверхні та структури ґрунту, його ущільнення та просідання [2]. Моральне та фізичне спрацювання меліоративних систем (МС), що триває вже понад 25 років, дозволяє відстежити можливі причинно-наслідкові зв'язки між функціонуванням цих систем та наявними деградаційними процесами вторинного заболочування підконтрольних територій з утворенням замкнених западин.

**Метою досліджень** є удосконалення технологій та обґрунтування технічних засобів управління водним режимом осушуваних ґрунтів на МС для раціонального використання водних і земельних ресурсів меліорованих земель у складних геоморфологічних та гідрогеологічних умовах гумідної зони України.

Головною проблемою для земель, що зазнають періодичного підтоплення окремих ділянок, є своєчасне зниження рівня ґрунтових вод (РГВ) на глибину, яка б дала змогу безперервній та комфортній роботі необхідної техніки на полі під час весняної посівної кампанії. Зазвичай, при проектуванні регулюючої мережі МС за традиційним методом вода відводиться у напрямку з найвищих ділянок землі до місцевих понижень, а з них уже влаштовується вихід у провідну мережу. Вода ж з підвищених, найменш зволжених точок, відводиться в пониження рельєфу, які і без цієї додаткової вологи характеризуються

надмірним зволоженням ґрунту. Тому підвищені території постійно переосушуються, а пониження перебувають у стані періодичного надмірного зволоження.

Типова схема водорозподілу передбачає подачу води на зволоження по одній і тій же колекторно-дренажній мережі лише у зворотному напрямку [3]. Зрозуміло, що спочатку зволожуються понижені ділянки території, потім – підвищені. Вищезазначене призводить до того, що на землях з розвиненим мікрорельєфом підвищення зазвичай знаходяться в переосушеному стані, пониження навпаки – в перезволоженому. Намагання оптимізації водного режиму активного шару меліорованих ґрунтів на вказаних територіях за допомогою традиційних конструкцій МС спричиняють ряд побічних проблем, основними з яких є: вторинне заболочення понижень рельєфу, зміна строків проведення агро меліоративних робіт сільськогосподарською технікою, нерівномірність дозрівання та врожайності на території масиву, активний винос разом із водою поживних речовин та засобів боротьби з хворобами рослин, шкідниками, бур'янами тощо [4].

**Методика досліджень.** Дослідження проводили у 2013-16 рр. на МС Сарненської дослідної станції (СДС) ІВПіМ НААН, що розташована у зоні періодичного перезволоження (північно-західне Полісся). Пілотним об'єктом проведення досліджень є ділянка площею 20 га. Вирощувана культура – багаторічні трави на сіно. Територія досліджуваного об'єкта характеризується нерівномірністю рельєфу, ускладненого різновидними безстічними формами – замкненими западинами. Дані западини розповсюджуються нерівномірно, безсистемно, часто групами на певних відстанях одна від одної. Особливістю водно-повітряного режиму ґрунтів на землях

з вказаним рельєфом є надмірне зволоження пологих рівнинних ділянок і одночасне затоплення понижень (западин, блюдець) при відносно сприятливих водно-повітряних умовах на підвищених частинах місцевості. Глибина западин складає до 1,5 м при середній площі западини близько 0,5...1,5 га (рис. 1).

Глибина закладки дренажу на дослідній ділянці складає 1,1...1,2 м, міждренні відстані коливаються в межах 18...22 м. Дрени на дослідній ділянці закладені з гончарних трубок d50 мм і d75 мм з ухилом 0,002...0,004, загальна довжина – 50...150 м. Колектори виконані з керамічних труб d150 мм.

Польові дослідження проводили з метою встановлення особливостей регулювання водного режиму ґрунтів на вибраних ділянках МС. Основним показником ефективності роботи вдосконаленої дренажно-колекторної мережі прийнята інтенсивність та рівномірність зниження РГВ і поверхневих вод при осушенні, оперативність забезпечення оптимального водного режиму ґрунтів при проведенні підґрунтового зволоження. У процесі проведення досліджень була модернізована дослідна ділянка системи (ГТС, колодязі, гирла та ін.).

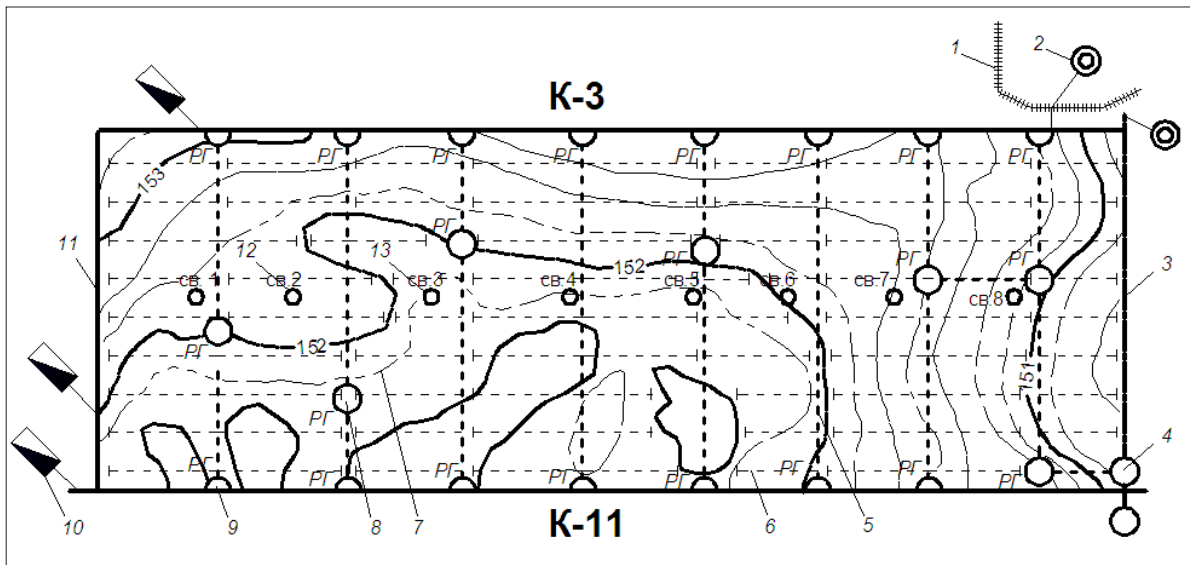
**Результати досліджень.** У результаті натурних спостережень виявлено ряд конструктивно-технологічних недоліків у функціонуванні колекторно-дренажної мережі та відкритих каналів. Зокрема, спостерігається замулення та «просідання» дрен (більше 0,1 м на 100 м), зміна площі поперечного перерізу відкритих каналів (від 10% проектної площі), деформація та руйнування окремих елементів ГТС (більше 13% від площі елементу). За критеріями оцінювання технічного стану основних інженерних споруд на меліоративних системах [5] дослідна ділянка характеризується незадовільним станом.

Для підвищення рівня інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та раціонального використання водно-земельних ресурсів була модернізована регулююча мережа МС СДС, яка відповідає вимогам оперативності регулювання водного режиму по всій території незалежно від геоморфологічних умов (рис. 2). Особливістю такої схеми МС для територій з розвиненим мікрорельєфом є розміщення регулюючої та транспортувальної мережі так, щоб на кожній ділянці окремо можна було регулювати РГВ.



Рис. 1. Поширення замкнених западин на дослідній ділянці МС СДС (сучасний стан території у прив'язці з космічним знімком Google Earth)





**Рис. 2.** Конструктивна схема регулюючої мережі МС СДС

1 – дамба обвалування, 2 – водовипускна споруда; 3 – зволожувальний канал; 4 – колодязь із запірною арматурою; 5 – осушувально-зволожувальний колектор; 6 – дрена; 7 – горизонталь поверхні землі; 8 – колодязь з гідрорегулятором РГВ; 9 – гирло з регулятором РГВ; 10 – шлюз-регулятор; 11 – провідний канал; 12 – спостережні свердловини, 13 – контроль

Для забезпечення оптимального водного режиму ділянка системи розбита на окремі модулі, при цьому максимальне відхилення позначок даної поверхні ділянки не перевищує величину допустимого відхилення від рекомендованої норми осушення. Транспортуюча мережа запроєктована роздільною для осушувальної і зволожувальної частини системи. Дренажні колектори, які виконують функції осушувачів-зволожувачів окремих ділянок, відповідно приєднані до зволожувальної та осушувальної частин каналу трасою з найменшими перепадами позначок землі у витокі і гирлі. Величина перепаду, у цьому випадку, не перевищує подвійної величини допустимого відхилення від норми осушення для вирощуваних багаторічних трав (0,3...0,5 м). При більших перепадах влаштовані колодязі з гідрорегуляторами [6]. Універсальний гідрорегулятор двосторонньої дії встановлюється в проміжних колодязях та забезпечує неперервне автоматичне регулювання заданих рівнів ґрунтових вод.

Регулювання РГВ на дослідній ділянці окремого модуля МС СДС відбувалося так: після скиду дренажних вод зимово-весняного періоду гідрорегулятор переводиться у режим роботи для отримання заданого РГВ. Відтоді відбувається акумуляція дренажного стоку дослідної ділянки. Проводяться спостереження за динамікою рівня ґрунтових вод на

зарегульованій та на контрольній ділянці без додаткового зволоження.

Період проведення спостережень 2013-2015 рр. за кількістю опадів характеризується як середньовологий. Суми опадів за вегетаційний період коливалися в межах 300...350 мм, кількість днів з опадами дорівнювала 65...70, дані показники є характерними для зони Західного Полісся. Необхідність регулювання оптимального водного режиму ґрунту в цей період була мінімальною, тому що погодні умови релятивно моделювали роботу меліоративної системи. Але у 2016 р. випало 520 мм опадів, за вегетаційний період – близько 200 мм, тобто рік був посушливим. Системний аналіз глибини залягання рівня ґрунтових вод даного року показує, що при відсутності належного оперативного управління водним режимом на ділянках із замкненими западинами, РГВ значно відрізняється навіть на сусідніх модульних ділянках. Наприклад, на ділянці, де розташована контрольна свердловина (контроль), РГВ при відсутності регулювання коливався протягом всього вегетаційного періоду в межах від 30 см до 100 см. Проте, на зарегульованих та обладнаних гідрорегуляторами ділянках, за умови акумуляції стоку, рівень ґрунтових вод в період вегетації підтримувався на заданій глибині 50...80 см (рис. 3).

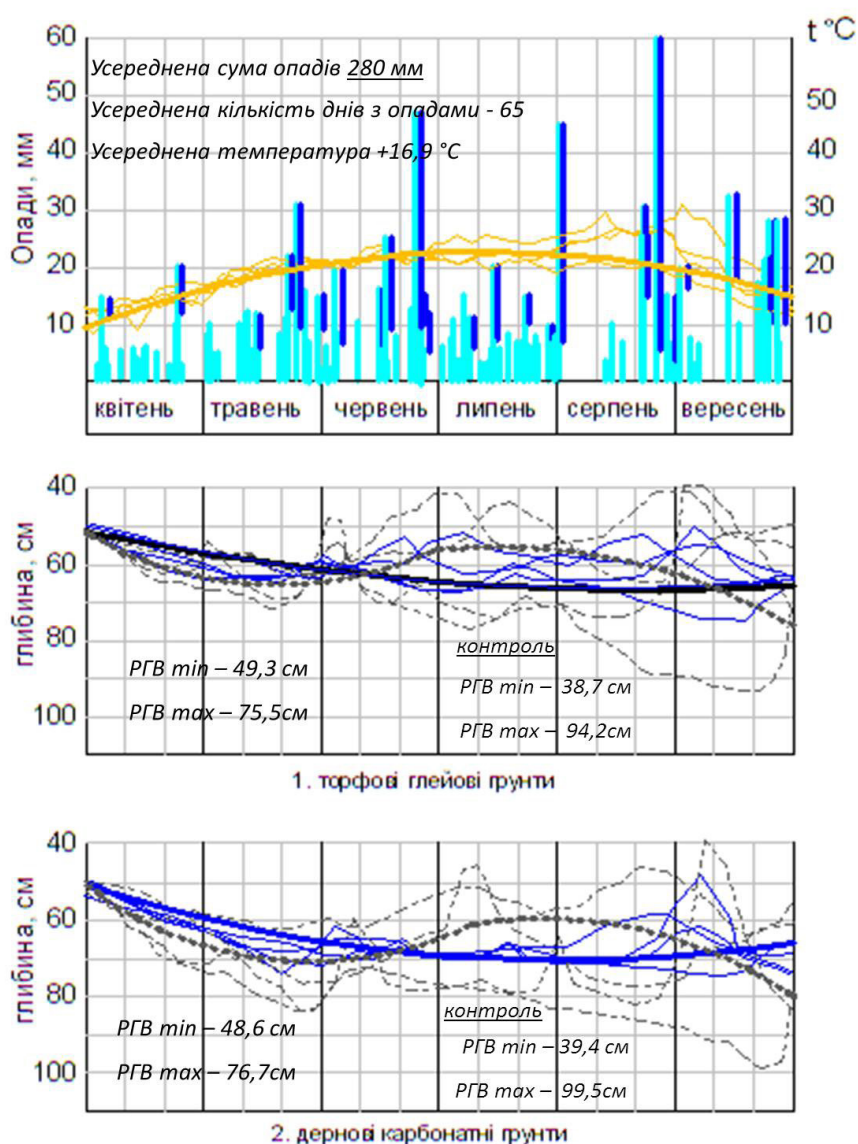


Рис. 3. Динаміка РГВ в залежності від опадів в період вегетації 2013-2016 рр. на автономній модульній ділянці СДС

**Висновки.** Результати експериментальних досліджень, проведених на меліорованих землях, ускладнених безстічними западинами, довели ефективність застосування удосконалених модульних систем, які дозволяють оперативну регулювати водний режим ґрунтів.

Запропоновані конструктивно-технологічні заходи, які базуються на акумуляції місцевого стоку, забезпечили оптимальний водний режим осушуваних ґрунтів на рівні 0,55...0,85 м в посушливих умовах періоду вегетації 2016 р.

#### Бібліографія

1. Концепція ефективного використання осушуваних земель гумідної зони України (наукові засади) / Ромащенко М.І., Тараріко Ю.О., Яцик М.В. [та ін.]; ІВПіМ НААН, ННЦ «Ін-т землеробства» НААН, ННЦ «ІГА ім. Соколовського» НААН та ін. – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 22 с.
2. Екологічний стан ґрунтів України / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М.М. Мірошніченко, [та ін.] // Український географічний журнал. – 2012, № 2. – С. 38-42.
3. Костяков А. Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков – М.: Сельхозгиздат. – 1960. – 622 с.
4. Проектування та експлуатація осушувально-зволожувальних систем на землях з пересічним рельєфом / П.І. Гаць, В.В. Єпик, В.Б. Комар [та ін.] – Рівне: УПВГ. – 1994. – 104 с.

5. Методика проведення натурних обстежень та оцінки технічного стану меліоративних систем гумідної зони / Яцик М.В., Чалий Б.І., Мозоль Н.В. - К.: ЦП «Компринт», 2015. – 46 с.
6. Чалий Б.І. Проектування осушувально-зволожувальних систем блочно-го типу / Чалий Б.І., Мозоль Н.В. // Водне господарство України. – 2009. - №3. – С. 55-56.
7. Трансформація осушуваних торфових ґрунтів Західного Полісся за довготривалого сільськогосподарського використання / Ю.О. Тараріко, Л.В. Дацько, М.Г. Стецюк, М.Д. Зосимчук // Вісник аграрної науки. – 2016.– № 9. – С. 56–60.
8. Scientific edition. 22nd Congress International Commission on Irrigation and Drainage: Abstracts, Guanaju, 13-20 sep. 2014 / the editorial Board: Benjamin Davis, etc.; – Tashkent, 2014.
9. Lauren Quinn. What Makes Farmers try new Practices / Lauren Quinn, University of Illinois // Agprofessional magazine. – 2017. Vol.1. Iss. 1. – P. 6-14.

**Н.В. Мозоль**

**Регулирование водного режима почв  
на массивах с локальным развитым микрорельефом**

*Приведены результаты исследований регулирования водного режима почв на территориях с локальным развитым микрорельефом с помощью усовершенствованных модульных дренажных систем. Установлено, что внедрение предложенных систем обеспечивает оптимальный водный режим почв в соответствии с требованиями выращиваемых культур независимо от геоморфологических условий.*

**N.W. Mozol**

**Regulation of soil water regime on the areas with locally developed micro relief**

*The results of studies of the regulation of the water regime of soils on the territories with difficult terrain using advanced modular systems. It is established that introduction of the offered system ensures optimal water regime of soils in accordance with the requirements of the crops they grow, regardless of the geomorphological conditions.*

УДК 631.67

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ДОСВІД ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШЕННЯ В РУМУНІЇ

**О.О. ДЕХТЯР**, канд., тех. наук,

**Н.Д. БРЮЗГІНА**, канд., тех. наук,

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*У статті розглянуто особливості сучасного стану зрошення та об'єктів інженерної інфраструктури в Румунії, існуючі ризики та етапи розвитку сектора зрошення на шляху до сталого функціонування зрошуваних земель. Проаналізовано основні аспекти інтегрованого управління водними ресурсами, досліджено актуальні проблеми та перспективи.*

**Ключові слова:** зрошення, управління, реформування, відновлення, стратегія, інженерна інфраструктура

**Постановка питання.** На сьогодні в умовах глобальних змін клімату та недостатнього вологозабезпечення в багатьох країнах зрошення є необхідною складовою ведення ефективного землеробства. У статті розглянуто стан зрошення в Румунії та проаналізовано шляхи його розвитку та удосконалення з метою вивчення міжнародного досвіду функціонування зрошувальних систем, різних підходів до управління водогосподарською галуззю.

**Стан вивчення проблеми.** Аграрний сектор Румунії є однією з основних галузей національної економіки, який має велике соціально-економічне значення. Загальна площа сільськогосподарських угідь Румунії становить 61,7% території країни. Головна галузь сільського господарства – рослинництво, яке дає близько 2/3 валової сільськогосподарської продукції; на частку тваринництва припадає близько 1/3. Площа сільгоспугідь у країні досягає – 14,8 млн. га, в т.ч. 65 % зайнято ріллею [1].

Водні ресурси Румунії характеризуються нерівномірним територіальним та сезонним розподілом, тому показники врожайності нестабільні і коливаються з року в рік. Гідрографічна система країни становить лише частку системи Дунаю, тому що у неї немає жодного самостійного басейну і вся вода з річок та озер попадає у Дунай, який протікає з заходу на схід уздовж кордону (Рис. 1). Майже всі річки країни беруть початок у Карпатських горах. У ряді структур (Молдавське плато, Трансільванська западина, Карпатський Ороген) ґрунтові води служать основним джерелом водопостачання в цьому регіоні [1, 2].

Кількість опадів нерівномірно розподілено по території країни: в деяких гірських районах випадає 1010 мм опадів, в той час як у південних рівнинних районах, де знаходяться 8 млн. га ріллі, випадає найнижча кількість опадів – 380 мм. Висока температура повітря та невелика кількість опадів в період

вирішальної фази вегетації рослин робить зрошення життєво необхідним у цьому регіоні для досягнення високих врожаїв.

Глобальні кліматичні зміни призвели до виникнення і розширення територій з високим ризиком опустелювання в сільських районах у південній частині Румунії. У південних та східних посушливих регіонах Румунії, в яких кількість опадів менше ніж 500 мм з нерівномірним сезонним розподілом, а дефіцит вологозабезпеченості 200-350 мм, зрошення має життєво важливе значення. Так, з 1980 по 2011 рр. Румунія понесла середні щорічні втрати, пов'язані з погодою, в сумі 8,452 мільйона доларів (0,26 % від ВВП), з яких 34% були пов'язані саме із посухою [2].

Основні ризики, що мають місце в короткостроковій і середньостроковій перспективі в Румунії, такі:

- значне збільшення середньорічної температури;
- зменшення загальної кількості опадів;
- екстремальні погодні явища ( повені, посухи);
- нездатність забезпечити продовольчу безпеку населення в умовах кризи і тривалої посухи.

Посуха останніх років в Румунії завдала великої шкоди сільському господарству. Товщина сухого шару землі в окремих регіонах, де не було зрошення, перевищувала 100 см. У період посухи в 2015 р. спостерігалось настільки значне падіння рівня води у водоймах, що Міністерство навколишнього середовища заборонило забір води на зрошення сільгоспугідь.

Зрошувальні системи в Румунії були побудовані з 1970 по 1987 рр. У 90-х роках минулого століття більше 1/3 ріллі було оснащено іригаційними системами. Для іригації використовуються ґрунтові (10%) та поверхневі (90%) води. У Румунії із загальної площі



Рис. 1. Басейн річки Дунай в Румунії

3,1 млн. га зрошення дощуванням використовувалось на площі близько 2,85 млн. га. У південних районах зрошення було створено на трьох рівнях (терасах), здебільшого використовувались водні ресурси річки Дунай. На перший рівень вода поступала після того, як первинна насосна станція піднімала воду з річки Дунай, або одного з її приток в канали. Вторинні насосні станції викачували воду з каналів і подавали її в підземні труби, для забезпечення дощувального устаткування. Висота загального підйому на перших терасах становила 60 – 70 м, вторинні насосні станції додавали додаткові 50-60 м. На вищі тераси вода подавалась насосами та розподілялась у локальні мережі. До вищих терас підйом досягав 200 м, а динамічна висота накачування могла перевищувати 270 м. При цьому на висотах більш ніж 100 м зрошували приблизно 1 млн. га. Таким чином, в цих районах система зрошення була дуже енерговитратною, проте в ті часи вартість електроенергії субсидувалася державою та витрати були менш значними, ніж сьогодні [2–4].

У 90-х роках минулого століття в Румунії розпочалась аграрна реформа, в результаті якої у приватну власність було передано близько

86 % сільськогосподарських угідь. Була визнана законною процедура повернення будівель, земельних ділянок історичним власникам. Реституція призвела до фрагментації власності, створення великої кількості нетоварних та низькотоварних дрібних селянських господарств. Так, у 2002 р. їх налічувалось 4,2 млн., а середній наділ на одне господарство склав 2,6 га. Велика частина відчужених земель залишалася необробленою, оскільки власники наділів залишалися в інших країнах [3].

На малоземельних власників припадає 66,5% орних земель країни. Ці дрібні господарства не мають можливості вкладати гроші у відновлення інженерної інфраструктури зрошувальних систем, використання сучасних ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур і в результаті продуктивність цього сектора зменшилась як мінімум наполовину.

Згідно даних Світового банку загальна площа меліорованих сільськогосподарських земель Румунії досягла свого максимуму в 1996 р. – 3,21 млн. га. Скорочення державного бюджету і зниження доходів в сільському господарстві зумовили значне зниження інвестицій в експлуатацію та обслуговування

зрошувальних систем. Це призвело до руйнування існуючої інженерної інфраструктури та занепаду сектора зрошення; обладнання та насоси в багатьох випадках були зламани, вкрадені або мали незадовільний технічний стан. У 2003 р. зрошувані площі становили близько половини площі, розробленої в попередні часи, – 1,5 млн. га, а в 2013 р. зменшились до 221,106 тис. га. Тобто, мінімальний обсяг фактично використовуваних зрошуваних земель складав менше 10 % від загальної площі меліорованих земель [3, 5]. Через недостатнє технічне обслуговування зрошувальних систем, застаріле насосне обладнання, а також великі витрати на електроенергію та неспроможність фермерів сплачувати послуги з подачі води, річний попит на воду для зрошення знизився з 2500-3000 м<sup>3</sup>/га до 1000 м<sup>3</sup>/га, а фактична площа зрошення складає близько 700 тис. га.

На зрошуване землеробство щорічно подається 1,3 млрд. м<sup>3</sup> води. Проте близько 40-60% загального обсягу води, що використовується для зрошення, втрачається. Тому реконструкція та модернізація систем зрошення, відновлення об'єктів інженерної інфраструктури є дуже важливим для країни. Роботи з реабілітації і модернізації проводяться за такими основними напрямками: технічним (заходи з інтенсивного і ефективного використання водних ресурсів та ґрунту); економічним і фінансовим (рентабельність іригаційних споруд); соціально спрямованим (місцевий і регіональний розвиток).

Після розпуску державних і колективних господарств в 1990 р. в країні не існувало установи з чітко визначеними функціями з розподілу водних ресурсів та експлуатації і обслуговування іригаційної інфраструктури. Спочатку була спроба передати ці функції Національному суспільству реклами земель (НСРЗ) і Автономній державній компанії по реклами земель (АДКРЗ), але ці організації не мали ні персоналу, ні бюджетних ресурсів, що б дозволило їм взяти на себе відповідальність за експлуатацію і обслуговування [2, 6].

На сьогодні в Румунії управління водними ресурсами і меліорацією земель здійснюється у такий спосіб.

Національне агентство з удосконалення земельних ресурсів (ANIF) – департамент Міністерства сільського господарства і розвитку сільських районів володіє і несе відповідальність за відновлення і підтримання основних зрошувальних систем, що включає в себе магістральні та міжгосподарські

канали, великі підземні водопровідні мережі, а також основні насосні станції, займається питаннями управління зрошенням – водоподачею та водорозподілом води на зрошення та ціноутворенням. ANIF підпорядковані 16 територіальних філіалів.

Національне агентство «Румунська національна водна адміністрація» («Apele Romane») відповідає за розвиток і управління водними ресурсами. Це госпрозрахункова юридична структура при Міністерстві навколишнього середовища і сталого розвитку, яка несе загальну відповідальність за управління водними ресурсами в Румунії, включаючи нагляд за виконанням міжнародного права і законодавства ЄС [5, 6].

«Apele Romane» підпорядковані 11 басейнових дирекцій, які організовані для окремих басейнів або груп басейнів, і Національний інститут гідрології та управління водними ресурсами. Басейнові дирекції відповідають за реалізацію національної водної стратегії на територіях відповідних басейнів.

Основними функціями басейнових дирекцій є такі:

- розробка, моніторинг виконання та аналіз результатів реалізації планів управління річковими басейнами;
- виконання директив ЄС щодо забезпечення «доброго стану» всіх водойм;
- будівництво та експлуатація водогосподарської інфраструктури та її розвиток задля національних інтересів;
- будівництво нових протипаводкових споруд та захист від паводків;
- моніторинг запасів і якості водних ресурсів;
- забезпечення водогосподарських послуг, згідно з наявним попитом;
- затвердження заявок і контроль водокористування;
- попередження водокористувачів та місцевих органів влади про випадки забруднення води.

Басейнові комітети були організовані при кожній басейновій дирекції згідно з Водним законом, зміненим у 1996 р., і з доповненнями до нього, прийнятими в 2004 р. До функцій басейнових комітетів належать:

- узгодження планів інтегрованого управління водними ресурсами та розробка програм водогосподарських робіт;
- узгодження планів щодо запобігання випадкового забруднення;
- підготовка пропозицій щодо перегляду норм і стандартів управління водними ресурсами;

- розробка спеціальних норм для скидів стічних вод;
- рекомендації щодо пріоритетів інвестицій у водне господарство;
- збір, аналіз і поширення інформації [5].

Басейнові комітети включають представників міністерств, що відповідають за охорону навколишнього середовища та охорону здоров'я, муніципальних і сільських рад, асоціацій водокористувачів, неурядових організацій і «Apele Romane».

Асоціації водокористувачів (WUOs) несуть відповідальність за технічний стан меліоративних систем місцевого рівня з внутрішньогосподарськими каналами і вторинними насосними станціями, управляють подачею води на зрошення в межах своєї області і також збирають оплату за послуги з подачі води. Вартість поливу дуже сильно залежить від розташування земельної ділянки. Там, де земля знаходиться ближче до Дунаю і на нижніх терасах, витрати на поставку води можуть бути відносно невеликими, в той час як вартість води, що подається на великі відстані та верхні тераси, буде в десятки разів більше. Враховуючи високу вартість подачі води на вищих терасах, багато фермерів та землевласників не можуть дозволити собі зрошення на цих територіях.

ANIF укладає контракти на поставку води в тих районах, де існує активно працююча організація водокористувачів, та проводить аналіз існуючого попиту кінцевих користувачів на зрошення та відновлення основних міжгосподарських зрошувальних каналів.

У період 2009-2015 рр. був досягнутий значний прогрес у розвитку зрошення, як з точки зору розробки стратегій, планів дій, так і реалізації заходів по відновленню і модернізації зрошувальних систем згідно Водної рамкової директиви (2000/60 / ЕС) та Директиви з оцінки та управління ризиками повеней (2007/60 / ЕС). У 2010 р. була розроблена Національна стратегія управління паводковими ризиками – їх попередження, захисту і пом'якшення їх наслідків. У 2013 р. напрацьована Національна стратегія Румунії зі зміни клімату (2013-2020 р.р.) [2, 6].

У 2013 р. була розроблена Стратегія реабілітації іригаційної інфраструктури, що фінансується з європейських фондів. Міжнародні донори, наприклад Світовий банк, розробляють програми, направлені на відновлення зрошувальних систем в окремих регіонах Румунії, що сприяє впровадженню концепції інтегрованого управління на рівні річкових басейнів, створенню основи для захисту

води, покращенню стану водних екосистем, сталому використанню водних ресурсів в довгостроковій перспективі та забезпечує поступове зменшення забруднення підземних вод та запобігання їх забрудненню.

Враховуючи небезпеку деградації від опустелювання родючих земельних ділянок на півдні і південному сході країни, відновлення існуючого потенціалу зрошення є основним заходом для економічного розвитку аграрного сектору в Румунії. На сьогодні увага уряду направлена на відновлення зрошення в новій якості. Йдеться про пошук нових водних джерел для забезпечення подачі води на зрошення самопливом з частковим використанням існуючих меліоративних каналів на відміну від старої системи зрошення, побудованої в значній мірі на використанні системи насосних станцій для подачі води на великі відстані та підняття її на значні висоти.

31 травня 2017 р. Парламент Румунії вніс зміни та доповнення до Закону № 138/2004 «Про покращення земель» у частині передачі прав власності вторинної іригаційної інфраструктури, що знаходиться у державній власності, організаціям водокористувачів за їх запитом, при виконанні ряду умов, відповідно до взятих на себе зобов'язань, зокрема використання меліорованих земель за призначенням, забезпечення цілісності меліоративної мережі, вчасного проведення реабілітаційних робіт [7]. ANIF забезпечує оптимальний рівень зрошувальної води в каналах на підставі багаторічних та сезонних контрактів з водокористувачами безоплатно, тобто вартість води і вартість електроенергії для перекачування зрошувальної води покриває бюджет Агентства в межах сум, виділених з бюджету Міністерства сільського господарства і розвитку сільських районів з цією метою. Так, у 2017 р. вартість безоплатної води на насосних станціях, що покривається державним бюджетом, складає 90 млн. леев [8].

Національна програма реабілітації основної іригаційної інфраструктури буде здійснюватися поетапно до 2020 р., на першому етапі якої передбачено відновити 1,3 млн. гектарів зрошуваних земель [9]. Бюджетні кошти на 2017 р. перевищують 1,41 млрд. леев. До 2020 р. планується досягти майже 2 млн. га зрошуваних земель. Передбачається, що витрати фермерів на зрошення скоротяться на 60-70%.

**Висновки.** Глобальні кліматичні зміни призвели до виникнення і розширення території з високим ризиком опустелювання в південно-східних районах Румунії, що вимагає наявності та ефективної роботи зрошувальних систем.

Недосконала реформа 90-х років та зміна прав власності на землю призвели до подрібнення фермерських господарств та занепаду об'єктів інженерної інфраструктури зрошувальної мережі.

В останні роки уряд Румунії визначив як основні цілі сільськогосподарської політики впровадження інтегрованого управління водними ресурсами на рівні річкових басейнів

та модернізацію і реконструкцію існуючих зрошувальних систем з використанням енергоощадного самопливного зрошення.

Досвід впровадження басейнового принципу управління водними ресурсами в Румунії свідчить про ефективність реформування і переведення водного господарства України на басейнову систему управління для досягнення сталого розвитку національної економіки.

### Бібліографія

1. Вайнер В. Тренди сусідів – наші перспективи. Сільське господарство в Румунії. 2011 Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/1049-trendy-susidiv-nashi-perspektyvy-silke-gospodarstvo-v-rumunii.html>
2. Planul național de management actualizat aferent porțiunii din bazinul hidrografic internațional al fluviului Dunărea care este cuprinsă în teritoriul României. Режим доступу: <http://www.rowater.ro/TEST/Planul%20Na%C8%9B.%20de%20Manag%20actualizat%202016-2021-Sinteza%20Planurilor%20de%20Manag.%20la%>
3. Карлос Гарсез- Рестрено, Дуглас Вермиллион, Джуованни Муньоз. – Передача управления ирригационными системами. Мировой опыт и результаты 32. Отчет ФАО по водным вопросам.: Рим, – 2007. – 65 с.
4. The Legal Structure of Irrigation In Romania Tom Arthey BSc (Hons) MRICS January 2013. Режим доступу: <http://www.mintridginternational.com/wp-content/uploads/2013/02/Irrigation-Paper.080113.pdf>
5. Румынская национальная водная администрация и бассейновые дирекции и комитеты Румынская национальная водная администрация «Apele Romane» Режим доступу: [http://www.inbo-news.org/IMG/pdf/handbook\\_iwrm\\_rus.pdf](http://www.inbo-news.org/IMG/pdf/handbook_iwrm_rus.pdf)
6. Bulletin UASVM Horticulture, 66(2)/ Print ISSN 1843-5254; Electronic ISSN 1843-5394 Present and Future in the Romanian Irrigation Facilities Operation Management Nicolae MARACINE, Florin MARACINEANU, Elena CONSTANTIN, Sorin CIMPEANU. – 2009.
7. Parlamentul României. Legea nr. 133/2017 pentru modificarea și completarea Legii îmbunătățirilor funciare nr. 138/2004 și pentru modificarea și completarea Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 82/2011 privind unele măsuri de organizare a activității de îmbunătățiri funciare. Режим доступу: <https://lege5.ro/Gratuit/ge3deobwg4zq/legea-nr-133-2017-pentru-modificarea-si-completarea-legii-imbunatatirilor-funciare-nr-138-2004-si-pentru-modificarea-si-completarea-ordonantei-de-urgenta-a-guvernului-nr-82-2011-privind-unele-masuri-d>
8. INTERVIU Ministrul Agriculturii: Este jenant și revoltător să iei un kilogram de carne de vacă cu 100 lei; poți să cumperi o oaie sau o capră. – vineri, 12 Mai 2017, – ECONOMIE. – 5054 afișări. – Режим доступу: <https://www.agerpres.ro/economie/2017/05/12/interviu-ministrul-agriculturii-este-jenant-si-revoltator-sa-iei-un-kilogram-de-carne-de-vaca-cu-100-lei-poti-sa-cumperi-o-oaie-sau-o-capra-10-43-00>
9. Programul Național de Reabilitare a Infrastructurii Principale de Irigații din România.- Ministerul Agriculturii și Dezvoltării Rurale. – București 2016. – 40 p.

**О.А. Дехтяр, Н.Д. Брюзгина**

#### Современное состояние и опыт восстановления орошения в Румынии

В статье рассмотрены особенности современного состояния орошения и объектов инженерной инфраструктуры в Румынии, существующие риски и этапы развития сектора орошения на пути к устойчивому функционированию орошаемых земель. Проанализированы основные аспекты интегрированного управления водными ресурсами, исследованы актуальные проблемы и перспективы.

**O.O. Dekhtiar, N.D. Briuzgina.**

#### Current state and experience of irrigation restoration in Romania

The article considers the features of the current state of irrigation and engineering infrastructure in Romania, the existing risks and stages of development of the irrigation sector on the way to the sustainable functioning of irrigated lands. The main aspects of integrated water resources management are analyzed, current problems and prospects are investigated.



УДК 631.62

## ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ЗА СУЧАСНИХ НАПРЯМІВ ЇХНЬОГО ВИКОРИСТАННЯ

**А.О. ЗАБУГА\***

Ірпінське міжрайонне управління водного господарства Держводагентства України

*Охарактеризовано сучасний стан використання осушуваних земель і проблеми експлуатації меліоративних систем у басейні річки Ірпінь. Визначено напрями удосконалення режиму експлуатації осушувальних та осушувально-зволожувальних систем для забезпечення ефективного регулювання водного режиму ґрунтів, мінімізації проявів шкідливої дії вод і торфових пожеж.*

**Ключові слова:** водний режим, дренаж, Ірпінська осушувально-зволожувальна система, осушувані землі, рівень ґрунтових вод, торфові пожежі.

**Постановка питання.** Через низку причин соціально-економічного характеру два останні десятиліття характеризуються зменшенням обсягів і зниженням ефективності сільськогосподарського використання меліорованих земель у різних регіонах України. Надзвичайно гострою є проблема подальшого використання осушуваних земель гумідної зони, насамперед Полісся, де для забезпечення сприятливого водно-повітряного режиму ґрунтів, захисту сільськогосподарських угідь і населених пунктів від підтоплення було побудовано значну кількість осушувальних та осушувально-зволожувальних систем на площі понад три мільйони гектарів.

Ефективність використання осушуваних земель значною мірою залежить від конструктивної досконалості інженерної інфраструктури меліоративних систем, їхнього технічного стану та здатності забезпечувати своєчасне відведення повеневих вод, надійне й оперативне регулювання водного режиму ґрунтів [1]. У даному контексті досить актуальним завданням є вирішення проблеми функціонування гідромеліоративних систем гумідної зони за трансформованих кліматичних умов, напрямів господарського використання осушуваних земель та вимог екологічної безпеки, що потребує відповідного наукового обґрунтування удосконалення режимів експлуатації систем для більш надійного водорегулювання у зоні їхньої дії.

Окремим аспектам наукового забезпечення розв'язання питання поліпшення регулювання водного режиму ґрунтів, управління вологозабезпеченням сільськогосподарських культур на осушуваних землях присвячено низку публікацій вітчизняних науковців [2-11]. Комплексне вирішення проблеми підвищення регульованості водного режиму

та водозабезпеченості меліоративних систем пов'язується із застосуванням басейнового принципу та інтегрованого підходу до питань земле- та водокористування.

У цьому плані для наукового обґрунтування підходів і заходів із удосконалення водорегулювання на осушуваних землях досить характерними за складністю та комплексністю проблем є меліоративні, насамперед осушувальні та осушувально-зволожувальні системи басейну річки Ірпінь, розташовані в межах Київської області.

**Мета досліджень** – обґрунтувати напрями удосконалення режимів експлуатації осушувальних та осушувально-зволожувальних систем басейну р. Ірпінь за трансформованих умов і характеру землекористування.

У методичному плані дослідження базувались на натурних обстеженнях стану складників меліоративних систем, моніторингових спостереженнях за рівнями води у водних об'єктах і рівнями ґрунтових вод, а також системному й картографічному аналізі отриманих даних. Дослідження існуючого стану функціонування меліоративних систем та їхньої ефективності здійснювали у межах характерних територій з типовими умовами і характером використання осушуваних земель.

**Результати досліджень.** Нині в басейні р. Ірпінь функціонують дві осушувально-зволожувальні системи (ОЗС): Ірпінська та «Бучанка», а також низка осушувальних систем («Кізка», «Грузьке», «Лишня», «Колонщина» та внутрішньогосподарські системи) на території Бородянського, Вишгородського, Києво-Святошинського, Макарівського та Фастівського районів, Бучанської та Ірпінської міських рад. Станом на 2016 р. площа осушуваних земель у басейні р. Ірпінь у межах Київської області складає

близько 15,2 тис.га, з яких 14,6 тис.га – сільськогосподарські угіддя.

За останні 20 років, унаслідок розпаювання земель сільськогосподарського призначення, відбулося зменшення площ осушених сільськогосподарських угідь, які перебувають у власності чи користуванні сільськогосподарських підприємств різних форм власності, та значно зросли площі, які перебувають у приватній власності громадян. Крім того, внутрішньогосподарська мережа, яка знаходилась на балансі господарств, втратила ефективного власника [12].

Основні відомості щодо наявності та стану використання осушуваних земель наведені в таблиці 1. Вони свідчать, що четверта частина осушуваних сільськогосподарських угідь нині не використовується за цільовим призначенням. На орних землях вирощують переважно зернові та олійні культури, поширеним є городництво. Значні площі зайняті сіножатями та пасовищами.

У процесі переходу до ринкових умов господарювання та внаслідок економічної кризи обсяги виробництва продукції рослинництва на меліорованих землях басейну р. Ірпінь зменшились більше ніж утричі за одночасного падіння їхньої продуктивності. Останнім часом значного поширення набуло явище забудови територій меліоративних систем. У басейні р. Ірпінь здійснюється забудова на Ірпінській ОЗС (Горенська та Гореницька сільські ради, Гостомельська селищна рада, Ірпінська міська рада), осушувальних системах «Бучанка», «Копилово», «Колонщина» та ін. на площі не менш як 200 га [13]. Як негативну тенденцію також слід відмітити постійне зростання площ згарищ на осушуваних торфовищах.

Більшість діючих осушувальних систем не відповідає сучасним технічним вимогам. За наявними даними потребують реконструкції майже 35 % гідротехнічних споруд. Аналіз технічного стану осушувальних систем та рівня їхнього сільськогосподарського використання свідчить про необхідність докорінної реконструкції більшості систем і удосконалення режиму їх роботи з урахуванням сучасних умов землекористування та кліматичних трансформацій.

Результати обстежень типових об'єктів у межах ОЗС з різними умовами функціонування меліоративних мереж та, відповідно, різними вимогами до водного режиму, свідчать про те, що переважна більшість каналів знаходиться в цілому в задовільному стані, хоча на окремих ділянках вони потребують

розчищення, поглиблення. Особливо це стосується каналів на ділянках з осередками торфових пожеж. На частині внутрішньогосподарських каналів стан водорегулювальних споруд незадовільний, що унеможливає забезпечення сприятливого водного режиму на ділянках осушуваних угідь.

Проведені в 2016-2017 рр. рекогносцирувальні обстеження Ірпінської ОЗС свідчать про певне нарощування площ осушуваних земель, які використовуються для вирощування сільськогосподарських культур (озима пшениця, кукурудза, соя, картопля – ТОВ «Зоря», ТОВ «Добробут», ФГ «Фортуна» та ін.), що вимагає забезпечення відповідного водного режиму на освоєваних площах меліоративної системи.

Регіональні прояви глобальних змін клімату, пов'язане з ними зростання температур і посушливих періодів, зумовлюють необхідність застосування зрошення для вологозабезпечення сільськогосподарських рослин на осушуваних землях. Використання дощувальної техніки для поливів на осушуваних угіддях зафіксовано в межах ОЗС «Бучанка» (на території Києво-Святошинського району, ДМ «Фрегат» і шлангобарабанна дощувальна техніка), Ірпінської ОЗС (район смт Гостомель, ДМ «Valley»). З цим пов'язана необхідність акумулювання достатньої кількості води як у магістральному каналі, так і в осушувальних каналах нижчого порядку.

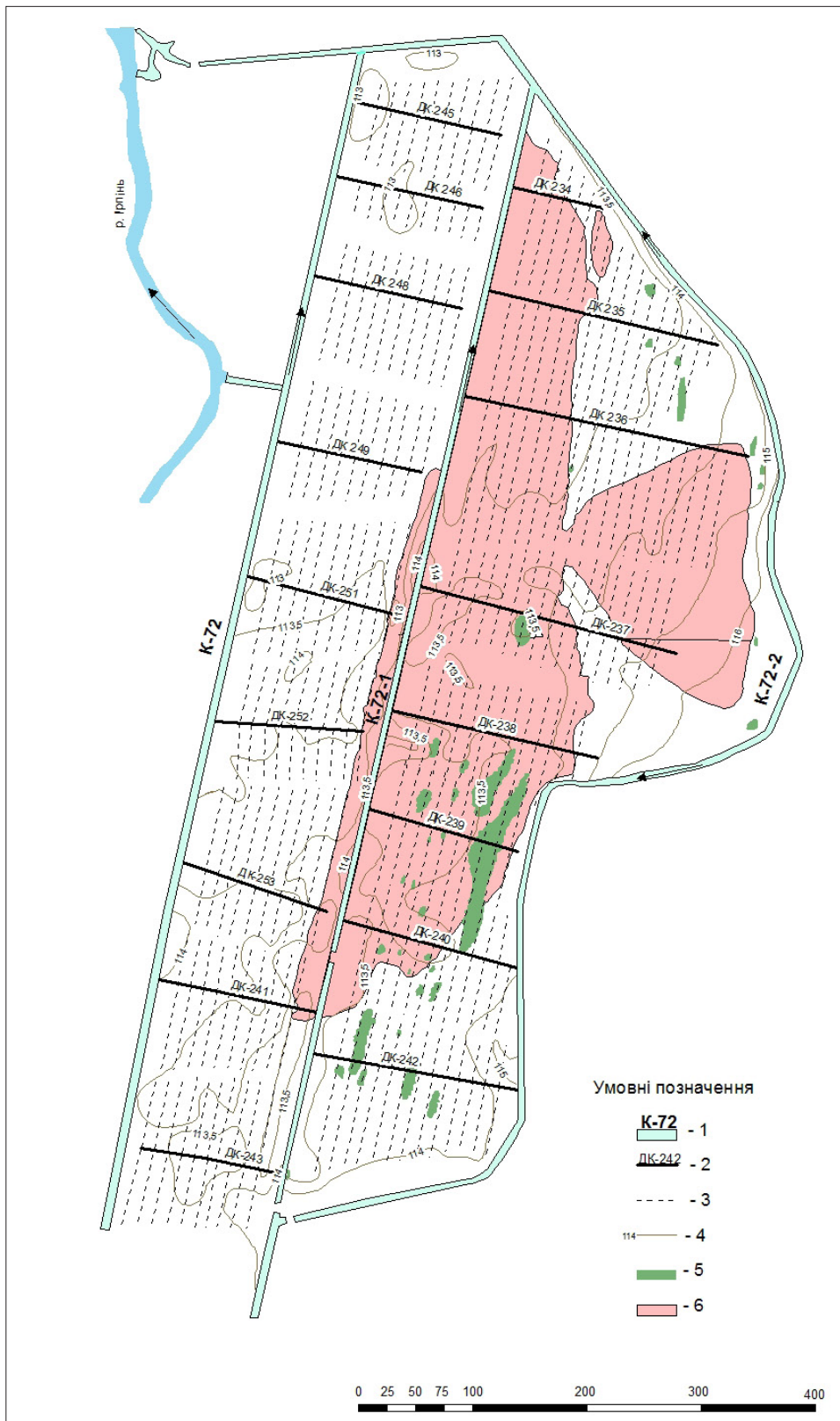
Крім того, перспективним напрямом ефективного використання осушуваних земель в басейні може стати вирощування ягідних культур (чорниці або лохини, суниці, малини, черешні та ін.), що набуває поширення у суміжному басейні р. Здвиж із застосуванням для поливу краплинного зрошення.

Досить важливим є обґрунтування ефективних заходів із запобігання торфових пожеж на осушуваних землях. У даному контексті вивчення можливостей водорегулювання та необхідного удосконалення складових меліоративної системи було зосереджено на ділянках Ірпінської ОЗС, що зазнали впливу пожеж. Типовий об'єкт знаходиться в межах Білогородської сільської ради Києво-Святошинського району на правобережній частині заплави р. Ірпінь на 20-му кілометрі автомобільної дороги Київ-Житомир. Торфова пожежа тут спостерігалась у жовтні 2015 р. [14].

Ділянка характеризується наявністю закритого систематичного горизонтального гончарного дренажу (рис. 1). Загалом на ділянці між каналами К-72-1 і К-72-2 закла-

## 1. Найвність та стан використання осушуваних земель у басейні р. Ірпінь, 2015 р.

№ з/п	Район, міська рада, меліоративна система	Площа осушуваних земель, га		Характер використання сільськогосподарських угідь, га													
		Всього, бруто	у т.ч с/г угідь	Зернові культури	Олійні культури	Кормові культури	Картопля	Горіхи, плоди, коренеплоди	Сіножаті	Випасти	Бататорні насадження	Незайнятий технічний стан	Незайнятий меліоративний стан	Організаційно-господарські	Інші, вкюч. чаючі задулові		
1	Борodianський район (Ірпінська ОЗС, внутрішнього господарські ОС)	1486,6	1455,9	280,0		230,0	55,3		153,2	154,1					649,3		
2	Бучанська міська рада (ОЗС «Бучанка»)	108,7	108,7			39,98			35,0	28,0							
3	Вишгородський район (Ірпінська ОЗС, ОС «Кізка»)	2804,6	2659,5	194,0	380,0	279,0		126,0	90,0	253,6					1342,9		
4	Ірпінська міська рада (Ірпінська ОЗС, ОЗС «Бучанка»)	794,2	764,2	14,8				286,5	387,8	24,5		40,0	10,0			0,6	
5	Києво-Святошинський район (Ірпінська ОЗС, ОЗС «Бучанка»)	3211,7	3113,7	79,2		40,0		713,95	1122,03	871,92		12,0	8,0		109,0	157,6	
6	Макарівський район (Ірпінська ОЗС, ОС «Грузьке», «Лішня», «Колонщина», внутрішнього господарські ОС)	6517,8	6217,7	1633,1	760,4	88,8			1147,2	2998,7				133,01	1043,79	412,7	
7	Фастівський район (Ірпінська ОЗС)	249,2	231,1														
	<b>Усього</b>	<b>15172,8</b>	<b>14550,8</b>	<b>2201,1</b>	<b>1140,4</b>	<b>671,78</b>	<b>55,3</b>	<b>1132,17</b>	<b>3015,23</b>	<b>2481,92</b>	<b>133,01</b>	<b>52,0</b>	<b>18,0</b>	<b>3078,99</b>	<b>570,9</b>		



**Рис. 1.** Схема розміщення закритого горизонтального дренажу на типовому об'єкті-ділянці Ірпінської ОЗС, що зазнала торфової пожежі в жовтні 2015 р.:

1 – канал осушувальний; 2 – закритий дренажний колектор; 3 – дрена трубчаста гончарна; 4 – горизонталі місцевості; 5 – деревна рослинність; 6 – осередки торфової пожежі (складено спільно з Шевченком А.М.).

дено вісім закритих дренажних колекторів, які всі впадають у канал К-72-1. Відстань між дренажними колекторами становить від 125 м до 225 м. Дрени розміщені паралельно каналу К-72-1 та практично перпендикулярно до дренажних колекторів. Відстань між дренами 15-18 м, довжина їх становить від 20 м до 140 м.

Ґрунти міжканальної зони представлені торф'яниками переважно глибокими та середньо глибокими.

Дані обстежень, розкопок дренажу на ділянках згарищ підтверджують значний ступінь його руйнації та виведення з ладу як через вигорання торфів, так і у процесі гасіння пожежі. Спостерігається зміщення дренажних трубок як у плані, так і по профілю. Наслідком цього є зниження ефективності роботи дренажу або повна втрата його працездатності, свідченням чого є тривале знаходження води на поверхні згарища, особливо на утворених вигоранням торфу мікропониженнях (шаром до 10-30 см) у весняний період і на початку літа 2016 р. після дощів (рис. 2), а також відповідно близьке залягання РГВ (0,15-0,65 м станом на першу декаду червня), зафіксоване як під час проведення обстежень, так і по режимному створу №13 з дев'яти спостережних свердловин, розміщених між річкою Ірпінь і каналом К-72-2.

Аналіз графіків глибин залягання РГВ у 2015-2016 рр. (рис. 3) свідчить про тісну залежність останніх від рівня води в каналах і погодних умов (атмосферні опади, температурний режим). 2016 рік, особливо перше півріччя, характеризується, порівняно з 2015 р., вищими РГВ (0,4-1,0 м), хоча у липні-серпні спостерігається їх суттєве спрацю-

вання за рахунок випаровування та зниження рівнів води в каналах.

Зважаючи на особливу актуальність проблеми торфових пожеж та пошуку шляхів мінімізації ризику їх виникнення на осушуваних торфових ґрунтах, здійснено моніторинг пожеж у 2016 р. й опрацьовано дані щодо поширення, площ тривалості у басейні р. Ірпінь тощо.

Порівняння даних щодо кількості і площ осередків торфових пожеж та глибин залягання РГВ на заплавах осушуваних землях у басейні р. Ірпінь у 2015 і 2016 рр. свідчать про значне скорочення у 2016 р. площі осередків пожеж і їхньої кількості за більш близького залягання РГВ, особливо у першій половині року, хоча і не по всіх територіях. Останнє забезпечило більш високе і тривале зволоження та водонасичення торфових ґрунтів і зменшило їх уразливість до пожеж, що свідчить про доцільність та ефективність весняної «вологозарядки» торфовищ, а також, за відсутності достатньої кількості опадів у літній період, штучного підтоплення з метою підвищення їх пожежної безпеки.

Для підвищення водозабезпеченості території у маловодні періоди, створення джерел гарантованого забору води у разі потреби гасіння пожеж пропонується улаштування протипожежних водойм на меліоративних каналах шляхом розширення та поглиблення останніх. Це забезпечить доступ до ґрунтових вод за відсутності достатньої кількості поверхневих і дренажних вод, як для гасіння пожеж, так і для поливу сільськогосподарських культур. Запропонований спосіб створення протипожежної водойми з використанням



**Рис. 2.** Тривале затоплення дощовими водами пірогенних мікропонижень на ділянці горіння торфів, станом на 12.03.2016 р.

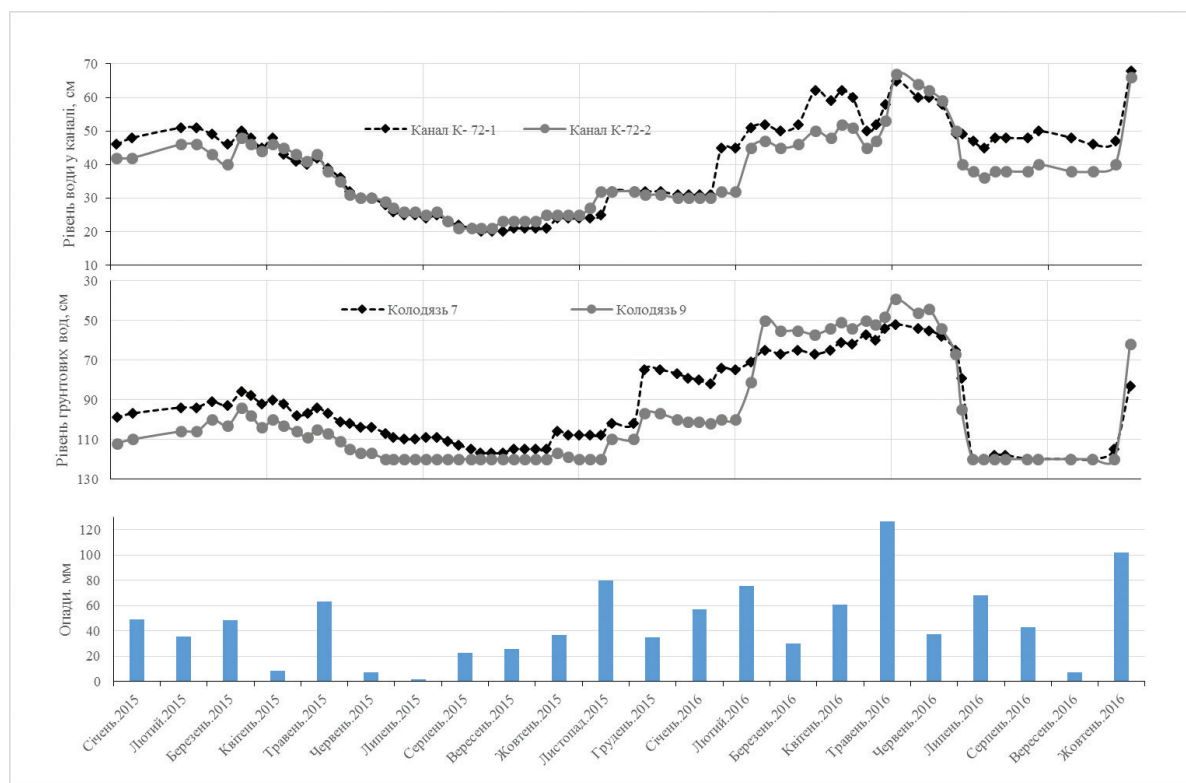


Рис. 3. Динаміка рівня ґрунтових вод на ділянці між каналами К-72-1 і К-72-2 Ірпінської ОЗС, створ №13, 2015-2016 рр.

підземних вод для гасіння пожеж із забором води на місці або поблизу місця займання на торфових ґрунтах у заплавах річок полягає в тому, що протипожежні водойми улаштовують на дні й укосах існуючих меліоративних каналів і там же обладнують майданчик для заїзду пожежного транспорту або встановлення водозабірної насоса [15]. На укосі каналу облаштовують з'їзд для транспорту, а вертикальні стінки водойми укріплюють залізобетонними плитами або габіонами. На дні каналу вкладають геотекстиль та піщану підготовку.

**Висновки.** Унаслідок різних причин соціально-економічного характеру близько четвертої частини осушуваних сільгоспугідь у басейні р. Ірпінь не використовується за цільовим призначенням, а ефективність використання осушуваних земель та регулювання водного режиму на них останніми роками істотно знизилась. Значна частина внутрішньогосподарських осушувальних систем характеризується незадовільним технічним станом і потребує реконструкції або модерні-

зації з урахуванням вимог щодо ефективного регулювання водного режиму за сучасних умов землекористування та змін клімату.

Обґрунтування удосконалених режимів експлуатації меліоративних систем за нинішніх умов їх функціонування в басейні р. Ірпінь доцільно здійснювати на прикладі типових територіальних об'єктів з характерними типами сучасного землекористування: вирощування сільськогосподарських культур (орні землі, городництво), сіножаті, пасовища, забудова меліорованих територій, ділянки рекреації, торфові згарища.

Ефективність водорегулювання на осушуваних землях знижують або унеможливають торфові пожежі. Ефективними заходами щодо підвищення протипожежної безпеки осушуваних торфовищ є їх зволоження під час весняної повені або шляхом контрольованого затоплення чи підтоплення.

Останнє потребуватиме улаштування водойм на меліоративних каналах шляхом їх поглиблення та розширення.

#### Бібліографія

1. Концепція ефективного використання осушуваних земель гумідної зони України (наукові засади). – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 22 с.
2. Природоохоронне та ефективне використання осушуваних органогенних ґрунтів гумідної зони. – К.: ЦП «Компринт», 2014. – 79 с.

3. Романюк І. Аналіз стану та напрями удосконалення технічної експлуатації осушувальних систем (на прикладі Рівненського міжрайонного управління водного господарства) / І. Романюк, Є. Герасімов, О. Пінчук // Вісник НУВГП. – 2013. – №20(2). – С. 45-52.
4. Ткачук Р.М. Удосконалення конструкцій та методів розрахунку дренажно-модульних систем з різнорівневим підключенням дрен / Р.М. Ткачук // Автореферат ... дисертації кандидата технічних наук. – К.: 2016. – 23 с.
5. Тищенко О. Модернізація осушувальних систем у Лівобережній зоні Українського Полісся / О. Тищенко, С. Нагалюк // Водне господарство України. – 2016. – №2. – С. 23-27.
6. Яцик М.В. Підвищення водозабезпеченості меліоративних систем гумідної зони / М.В. Яцик, Г.В. Воропай, Н.Б. Молеца // Меліорація і водне господарство. – 2016. – Вип. 103. – С. 63-68.
7. Яцик М.В. Алгоритм комбінованого водорегулювання на осушувально-зволожувальних системах гумідної зони України / М.В. Яцик, Г.В. Воропай // Меліорація і водне господарство. – 2008. – Вип. 96. – С. 73-80.
8. Яцик М.В. Ресурсоощадна технологія управління вологозабезпеченням сільськогосподарських культур на осушуваних землях / М.В. Яцик, Г.В. Воропай // Меліорація і водне господарство. – 2014. – Вип.101. – С. 219-231.
9. Копчик Г.М. Практичні підходи до ефективного використання осушуваних ґрунтів в зоні Полісся в умовах змін клімату / Г.М. Копчик, А.О. Мельничук, Г.А. Кучер // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Управління водними ресурсами в умовах зміни клімату”, присвяченої всесвітньому дню води, 21 березня 2017 р. – К.: ТОВ “ЦП “Компринт”, 2017. – С. 32-33.
10. Слюсар І.Т. Використання осушуваних земель у зоні надмірного зволоження в контексті глобального потепління клімату // Меліорація і водне господарство. – 2008. – Вип. 96. – С. 81-91.
11. Ващук С. Вдосконалення використання земель із внутрішньогосподарськими меліоративними системами в умовах Волинського Полісся / С. Ващук, Л. Ткачук // Режим доступу: [irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/Vlnau\\_econ\\_2013\\_20\(2\)\\_42.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/Vlnau_econ_2013_20(2)_42.pdf).
12. Забуга А.О. Сучасний стан використання осушуваних земель у басейні річки Ірпінь / А.О. Забуга // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню води (тематика 2016 року «Вода і робочі місця»). – К.: ЦП «Компринт», 2016. – С.47-49.
13. Шевченко А. Водні ризики трансформації меліорованих земель Київської області та шляхи їх мінімізації / А. Шевченко, Д. Савчук, В. Морозова та ін. // Водне господарство України. – 2016. – № 2 (122). – С. 10-16.
14. Ромащенко М. Ризик торфових пожеж і шляхи його мінімізації на меліоративних системах у басейнах річок Ірпінь та Здвиж / М. Ромащенко, А. Шевченко, Д. Савчук, А. Забуга // Водне господарство України. – 2016. – № 1 (121). – С. 19-27.
15. Патент України на корисну модель №114686 Спосіб створення протипожежної водойми / М.І. Ромащенко, А.О. Забуга, Д.П. Савчук, А.М. Шевченко, О.А. Бабіцька – Бюл. №5 від 10.03.2017.

**А.А. Забуга**

**Особенности и проблемы регулирования водного режима почвы на осушаемых землях при современных направлениях их использования**

Охарактеризовано современное состояние использования осушаемых земель и проблемы эксплуатации меліоративных систем в бассейне реки Ирпень. Определены направления совершенствования режима эксплуатации осушительных и осушительно-увлажнительных систем для обеспечения эффективного регулирования водного режима почв, минимизации проявлений вредного воздействия вод и торфяных пожаров.

**A.A. Zabuga**

**Peculiarities and problems of regulating the water regime of soils on drained lands in the current directions of their use**

The modern state of the drained lands usage and the problems of reclamation's systems exploitation the in the basin of the Irpin River are characterized. The ways of the operation's mode of the drainage and drainage-moistening systems improvement are determined, for insurance of the effective water regime of soils, minimization of harmful effects of water's manifestations and peat fires.

УДК 631.6

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЕКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ТА ЇХНЬОЇ ЗАГАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

**В.О. ТУРЧЕНЮК**, канд. тех. наук,

**Н.А. ФРОЛЕНКОВА**, канд. екон. наук,

**О.Ю. ТИМЕЙЧУК**, канд. тех. наук,

**А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ**, док. тех. наук,

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

*Обґрунтовано необхідність і розглянуто підходи до удосконалення технології розробки проектів реконструкції рисових зрошувальних систем та оцінювання їхньої загальної еколого-економічної ефективності. Проведено оцінювання економічної ефективності та інноваційної привабливості результатів наукових досліджень, обґрунтовано оптимальний склад заходів та черговості їх реалізації при реконструкції діючих рисових систем.*

**Ключові слова:** еколого-економічне оцінювання, проект реконструкції, рисова зрошувальна система, загальна ефективність

При проектуванні меліоративних заходів, в тому числі на рисових зрошувальних системах (РЗС), як правило, виникає значна кількість різних за технічними та технологічними рішеннями варіантів, які визначально впливають на економічну та екологічну ефективність від їхньої реалізації.

Зрештою, одна з головних цілей проектування полягає в пошуку оптимального проектного рішення з вибраної сукупності можливих варіантів. Сутність оптимізації при цьому зводиться до пошуку найкращого (з можливих) проектного рішення, яке дає мінімум (максимум) деякої цільової функції, що характеризує загальну (комплексну) ефективність об'єкта, що проектується. Отже для реалізації оптимізації головною умовою є наявність альтернатив, тобто сукупності можливих варіантів проектних рішень щодо природно-агро-меліоративних умов реального об'єкта.

У загальному випадку оптимальні рішення з вибору типу, конструкції, параметрів і схем роботи рисової системи відповідно до діючих нормативів визначаються залежно від конкретних умов реального об'єкта шляхом порівняння можливих альтернативних варіантів технічних і технологічних рішень за відповідно обраними показниками (критеріями) оптимальності. Метод оптимізації в такому випадку повинен ґрунтуватись на направленому порівнянні можливих варіантів з урахуванням практики водорегулювання на РЗС, що склалася, тобто поєднувати елементи евристичного підходу до прийняття рішень [1].

При проведенні масштабних досліджень і проектуванні складних природно-технічних еколого-економічних систем, якими є РЗС,

доцільно застосовувати на різних етапах оцінювання різні методологічні й методичні підходи для підвищення достовірності одержуваних результатів. Саме тому вважаємо за доцільне оцінювати проектні рішення у дві стадії [4]:

- попередня еколого-економічна оцінка альтернативних варіантів меліоративного проекту;

- остаточна інвестиційна оцінка варіантів проектних рішень та вибір найкращого з них.

Попереднє еколого-економічне оцінювання здійснюється на підставі ескізного проектування та визначених укрупнених і нормативних основних техніко-економічних показників за варіантами проекту.

У загальному випадку ескізні проекти – це попередні плани рішення поставленого завдання в конкретних умовах і, як правило, вони охоплюють розробку основних питань з невеликою кількістю показників. Етап ескізного проектування розробляється для концептуального визначення вимог до територіальних, функціональних, екологічних рішень об'єкта, принципового підтвердження можливості і доцільності його створення.

Загальноприйнятим підходом у сфері вибору оптимальних проектних рішень у галузі меліорації земель є орієнтація на їх економічну доцільність та екологічну прийнятність. Тобто, в загальному вигляді модель еколого-економічного оцінювання альтернативних варіантів меліоративного проекту може бути представлена у вигляді двох складових [5, 6]:

- економічна складова, виражена обраним критерієм оптимальності;



- екологічна складова, визначена неявно через оцінку сукупності фізичних показників.

Таким чином, із сукупності попередньо відібраних за техніко-технологічними параметрами варіантів проекту за визначеними еколого-економічними критеріями обирають один або декілька близьких за техніко-економічними показниками екологічно прийнятних варіантів проектних рішень для подальшої, вже більш детальної їх розробки та оцінки.

За вибраними на попередньому етапі перспективними з екологічної та економічної точок зору варіантами проекту розробляються, відповідно до діючих вимог, уточнюються прийняті конструктивні рішення та їхні технічні параметри, визначаються реальні обсяги основних будівельно-монтажних робіт, потреби в ресурсах тощо.

На відміну від стадії попереднього порівняльного еколого-економічного оцінювання на етапі остаточного інвестиційного оцінювання простих методів визначення економічної доцільності інвестицій вже недостатньо. Тому для інвестиційного оцінювання та остаточного вибору оптимального варіанту меліоративного проекту слід використовувати динамічні методи оцінки доцільності інвестицій, що відповідає сучасним вимогам проектної аналізу. На даному етапі відбір слід здійснювати за відповідним комплексом основних економічних критеріїв, що відповідають цілям та задачам інвесторів.

Таким чином, запропоновані принципи й підходи, які покладені в основу розробленої загальної моделі еколого-економічного обґрунтування оптимального для реалізації проекту будівництва чи реконструкції РЗС [2-7], відповідають сучасним вимогам проектного та інвестиційного аналізу. Вони орієнтовані на підвищення економічної ефективності та екологічної обґрунтованості розроблюваних конструктивно-технологічних рішень, що, в свою чергу, позначиться на зростанні обсягів інвестування меліоративних заходів.

Відповідно до [2, 3], загальна економічна ефективність відображає ефективність проекту з точки зору суспільства та економіки країни в цілому, враховує соціальну та екологічну значимість проекту. Відповідно до цього підходу формуються і показники результатів (ефекту) і затрат при економічних розрахунках.

Соціальні, екологічні та інші фактори, які на сьогодні важко оцінити у вартісній формі, розглядаються як додаткові показники народногосподарської ефективності і враховуються в процесі прийняття рішень щодо підтримки проекту експертним шляхом.

На підставі аналізу й узагальнення даних багаторічних досліджень ефективності функціонування Придунайських РЗС (1966-2016 рр.) нами було розроблено і рекомендовано виробництву комплекс агротехнічних та інженерно-меліоративних заходів, направлених на покращення еколого-меліоративного стану і загальної еколого-економічної ефективності зрошуваних земель рисових систем на основі удосконалення режимів, технології, конструкції, параметрів дренажу, технології повторного використання дренажно-скидних вод рисових систем (ДСВ).

Як альтернативні розглянуті такі варіанти:

**варіант 1** – як база порівняння щодо умов роботи РЗС у проектному режимі, який характеризується питомим вмістом рису на рівні 70...90% із включенням у сівозміну супутніх культур (багаторічні трави, зернові) на фоні в цілому несприятливого водного та сольового режимів зрошуваних земель, обумовлених прогресуючими процесами їх заболочування через завищені фактичні зрошувальні норми (до 25 тис. м<sup>3</sup>/га) та недостатньою дренаваністю поливних карт;

**варіант 2** – відображає умови роботи РЗС при запровадженні заходів, направлених на підвищення дренаваності рисових чеків за рахунок дооблаштування дренажної мережі у вигляді відкритих каналів закритими колекторами з урахуванням оптимальних параметрів швидкості вертикальної фільтрації на рисовому чеку 8...10 мм/добу з встановленням оптимального показника дольової частки рису в сівозміні – 50...60%, які відображають одночасно удосконалені режимні та технологічні аспекти водорегулювання на РЗС;

**варіант 3** – заходи за варіантом 2, плюс глибоке розпушення верхнього важководопроникного шару ґрунту на товщину 0,6 м;

**варіант 4** – заходи за варіантом 2, плюс запровадження повторного використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:1;

**варіант 5** – заходи за варіантом 2, плюс запровадження повторного використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:2;

**варіант 6** – заходи за варіантом 3, плюс повторне використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:1;

**варіант 7** – заходи за варіантом 3, плюс повторне використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:2;

**варіант 8** – робота РЗС у проектному режимі (варіант 1) з проведенням глибокого розпушення ґрунту на товщину 0,6 м.

Для оцінки загальної економічної й екологічної ефективності функціонування

Придунайських РЗС нами використана комплексна оптимізаційна модель згідно [1-3], економічна складова якої представлена класичною економіко-математичною моделлю, а екологічна складова представлена у вигляді обмеження відповідних граничних значень показників (критеріїв) екологічної ефективності варіантів проектних рішень, що розглядаються.

До того ж на стадії планової експлуатації РЗС за економічний критерій оптимізації технології водорегулювання приймається показник чистого доходу, що досягається за рахунок отримання певного об'єму вирощуваної сільськогосподарської продукції на рисовому полі чи системі в цілому при застосуванні різних варіантів технологічних рішень щодо можливих способів і схем водорегулювання на системі, зумовлених її типом, конструкцією, водозабезпеченістю тощо [8, 9].

У ролі економічного критерію та умови оптимізації конструкції і параметрів дренажу РЗС на стадії проекту вважаємо за доцільне розглядати показник приведених витрат з відповідним урахуванням погодно-кліматичного ризику при відхиленні водного режиму рисового поля від оптимального у розрахункові періоди роботи системи.

Показники загальної економічної ефективності, що входять до загальної моделі за варіантами меліоративного проекту, визначаються за відповідними формулами згідно [5,8].

Як критерій екологічної ефективності нами розглянуто показник екологічної надійності  $k_n$ , граничні значення якого складають  $k_n \geq 0,5$  і який визначається за прийнятною сукупністю фізичних показників: за режимом рівня ґрун-

тових вод у поза вегетаційний період ( $Hg$ ), тривалістю його стояння нижче критичної глибини ( $T$ ), інтенсивністю фільтраційних процесів під затопленим рисовим полем ( $V$ ), ступенем засолення кореневмісного шару ґрунту ( $S$ ), зрошувальною нормою ( $M$ ), мінералізацією ґрунтових вод ( $G$ ) та ін.

Оцінювання економічної та екологічної ефективності виконане за питомими показниками різних альтернативних варіантів проектних рішень (ПР) з водорегулювання зрошуваних земель для умов реального проекту Кілійської РЗС.

Основні економічні показники за варіантами проектних рішень представлені в табл. 1.

Розрахунки з визначення основних економічних показників за варіантами проектних рішень з урахуванням їхньої зміни за роками розрахункової тепло- й вологозабезпеченості, що описують прогнозні зміни погодно-кліматичних умов, водного режиму та технології водорегулювання, а також продуктивності меліорованих земель у множинних змінних природно-агроекологічних умовах досліджуваного об'єкта, виконані за аналогією з [5].

Порівняльна характеристика та обґрунтування оптимального ПР за зведеними показниками їх економічної та екологічної ефективності, що отримані за відповідними методиками, наведена в табл. 2.

Наведені дані переконливо свідчать, що розроблений комплекс агротехнічних та інженерно-меліоративних заходів є економічно обґрунтованим та екологічно прийнятним у порівнянні з існуючими конструкцією та технологією водорегулювання при вирощуванні рису і супутніх культур в умовах Придунайських РЗС.

### 1. Основні економічні показники по системі за варіантами ПР, грн/га

№ з/п	Показник	Варіанти ПР							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Балансова вартість та капіталовкладення на реалізацію ПР	57291	63565	63565	63565	63565	63565	63565	57291
2	Поточні витрати:	20691	27801	285551	27860	29638	27860	28040	21441
	сільськогосподарські	8856	14125	14125	14500	14500	14500	14500	8856
	експлуатаційні	8970	10497	11247	10182	10287	10182	10362	9720
	амортизація основних фондів	2864	3178	3178	3178	3178	3178	3178	2864
3	Валова продукція	22387	53584	64820	55800	55800	55800	55800	27081
4	Чистий дохід	7424	32140	42625	34296	34191	34296	34116	11368

## 2. Обґрунтування оптимального ПР за зведеними показниками економічної та екологічної ефективності

№ з/п	Показник	Варіанти ПР							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Критерій економічної ефективності, ZPs	2,88	0,74	0,6	0,78	0,79	0,75	0,76	2,06
2	Критерій екологічної ефективності за показником надійності, $k_n$	0,41	0,87	0,63	0,75	0,78	0,81	0,83	0,53

З результатів оцінювання видно, що найнижче значення критерію економічної ефективності спостерігається на базовому варіанті, який передбачає умови роботи РЗС у проектному режимі, що свідчить про його неефективність порівняно з іншими варіантами. Цей же варіант має коефіцієнт екологічної надійності  $k_n = 0,41$ , що нижче за прийнятий рівень  $k_n \geq 0,41$ . Прийнятними як з екологічної, так і з економічної точки зору є варіанти 2-7. Найкращим з економічної точки зору є варіант 3, згідно з яким передбачається дообладнання відкритої дренажно-скидної мережі закритими дренами з міждренною відстанню  $B=100$  м та проведення глибокого розпушення ґрунту на товщину 0,6 м. Критерій екологічної надійності при цьому також досить високий – 0,63, що свідчить про його екологічну прийнятність.

Галузь рисівництва, як зрошувальне землеробство в цілому, є надзвичайно капіталоемною, а тому інвестування тут слід здійснювати за певної дольової участі держави та землекористувачів. Актуального значення набуває комерційна ефективність відповідного проекту.

Методика інвестиційного оцінювання проектів водогосподарського спрямування базується на таких засадах:

- використання показників, які безпосередньо пов'язані з основними цілями та завданнями проекту;
- відповідність системи обраних показників особливостям функціонування економіки країни, окремої галузі та інтересам основних учасників інвестиційного процесу;
- для проектів державного значення – орієнтація не стільки на економічну, скільки на екологічну і соціальну ефективність меліоративного проекту;
- для комерційних проектів – отримання доходу не нижче бажаного рівня, який, крім того, компенсує ризик невизначеності кінцевого результату;
- повна окупність вкладених засобів за рахунок доходів від реалізації проекту в межах терміну, прийняттого для інвестора.

Основними показниками, що використовують для обґрунтування оптимальних інвестиційних рішень, є показники, які можна розділити на дві основні групи: дисконтовані показники; показники, що не враховують фактор часу.

До дисконтованих відносяться показники, що враховують зміну вартості грошей у часі:

- дисконтований грошовий потік –  $PV$ ;
- чиста теперішня вартість –  $NPV$ ;
- індекс рентабельності інвестицій –  $PI$ ;
- внутрішня норма прибутковості –  $IRR$ ;
- дисконтований термін окупності –  $DPP$ ;
- дисконтований коефіцієнт ефективності інвестицій –  $ARRd$ .

До показників, що не враховують зміну вартості грошей у часі, відносять:

- коефіцієнт ефективності інвестицій –  $ARR$ ;
- термін окупності –  $PP$ ;
- максимум проектного прибутку –  $ACBP$ .

Результати інвестиційної оцінки альтернативних проектних варіантів, на основі яких визначено кращий варіант, наведено в таблиці 3.

Таким чином, здійснені розрахунки з інвестиційного оцінювання варіантів проектних рішень підтверджують як загальноекономічну, так і достатньо високу комерційну ефективність варіантів 3,4,6. Найвище значення показника  $NPV$  маємо за варіантом 3, яке дорівнює 93372,7, що свідчить про його найвищу інвестиційну ефективність. Термін окупності капіталовкладень для вищенаведених варіантів становить відповідно 2,75; 3,28; 3,16 років, що є досить перспективним і забезпечить швидке погашення інвестицій.

На кінцевому етапі проведеного комплексу оптимізаційних розрахунків режимних, технологічних та конструктивних рішень щодо підвищення ефективності функціонування РЗС часто зустрічаються з випадком, коли метою (ціллю) оптимізації є встановлення найкращої послідовності тих чи інших робіт, пов'язаних із впровадженням запланованих заходів, оскільки проведення

### 3. Результати інвестиційної оцінки варіантів проектних рішень щодо підвищення ефективності функціонування Придунайських РЗС

Показник	Варіанти проектних рішень							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Чиста теперішня вартість ( <i>NPV</i> ) з початку існування проекту, тис.грн	22954	78987	93372	80726	79840	85976	84482	16206
Індекс рентабельності інвестицій ( <i>PI</i> )	0,50	1,91	2,47	1,62	2,11	1,30	1,29	1,08
Внутрішня норма прибутковості ( <i>IRR</i> ),%	2,05	3,28	8,19	5,02	9,37	6,66	6,62	5,16
Термін окупності ( <i>PP</i> ) з початку існування проекту, роки	8,65	3,47	2,75	3,28	3,55	3,16	3,19	7,71

капітальної реконструкції меліоративних об'єктів вимагає значних капіталовкладень.

Для встановлення оптимальної черговості проведення робіт, пов'язаних із реконструкцією РЗС, нами використано метод динамічного програмування, в основу якого покладено принцип оптимальності Беллмана [10, 11]. Основна умова того, щоб цей принцип здійснювався, така: процес управління повинен бути без зворотного зв'язку, тобто керування на даному кроці не повинно впливати на попередні кроки.

Основне функціональне рівняння Беллмана можна записати в такому вигляді

$$F_{n-k}(X^k) = \max_{u_{k+1}} [W_{k+1}(X^{(k)}, U_{k+1}) + F_{n-k}(X_n^{(k+1)})], \quad (1)$$

де  $X^{(k)} = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})$  – є сукупність чисел, що визначають стан системи  $S$  на  $k$ -му кроці і отримані в результаті керування  $U_k$ , яка забезпечує перехід системи  $S$  із стану  $k^{(k-1)}$  в  $k^{(k)}$ ;

$U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  – оптимальна стратегія керування;

$F_{n-k}(X^k)$  – прибуток, який отримується при переході будь-якого стану  $X^{(k)}$  в кінцевий стан  $X^{(n)}$  при реалізації оптимальної стратегії керування на решті  $(n - k)$  кроків.

Задача оптимального розподілу ресурсів за варіантами проектних рішень щодо запровадження комплексу технологічних та конструктивних заходів підвищення ефективності функціонування РЗС на стадії їх експлуатації розглядалась нами за умови отримання максимального загального прибутку.

Розрахунки показали, що загальні затрати на повну реконструкцію Придунайських РЗС, яка включає запровадження ресурсозберігаючої технології водокористування з комплексом заходів на підвищення ефективності їх функціонування з проведенням модерні-

зації насосних станцій та заміни і ремонту гідротехнічних споруд будуть становити 70...80 тис. грн/га. Як показали результати моделювання, найкращим рішенням щодо вкладання ресурсів на Придунайських РЗС є першочергове запровадження на них ресурсозберігаючої технології зрошення рису, яка потребує на її реалізацію 13...15 тис. грн/га, у поєднанні з реконструкцією карт-чеків, суть якої зводиться до дооснащення існуючої дренажно-скидної мережі закритими дренами, проведення глибокого розпушення ґрунту та влаштування приукісного дренажу для захисту дренажно-скидних каналів від руйнування їх русла. Друга черга реконструкції – це реконструкція насосних станцій, яка за укрупненими показниками в розрахунку на 1га площі рисової системи буде становити біля 20 тис. грн/га. І третя черга – це реконструкція гідротехнічних споруд на зрошувальній і дренажно-скидній мережі, яка потребує найбільших капіталовкладень – понад 35 тис. грн/га. Проводиться вона в останню чергу, аби окупились інвестиції попередніх етапів реконструкції.

Таким чином, залежно від фінансування, повні затрати на реконструкцію Придунайських РЗС можуть окупитись за 9...12 років.

**Висновки.** Можна стверджувати, що вибір оптимальних проектних рішень у галузі меліорації земель, в тому числі в рисівництві, повинен орієнтуватись на їх економічну та інвестиційну ефективність. У ролі економічного критерію та умови оптимізації конструкції і параметрів дренажу РЗС на стадії проекту доцільно розглядати показник приведених витрат. Показниками, що використовуються для обґрунтування оптимальних інвестиційних рішень є дисконтовані показники.

Здійснені розрахунки економічного та інвестиційного оцінювання розробленого й запропонованого комплексу заходів для підвищення ефективності функціонування РЗС підтверджують як загальноекономічну, так і достатньо високу їх комерційну ефективність.

### Бібліографія

1. Рокочинский А.Н. *Анализ и оценка общей эффективности функционирования Придунайских рисовых оросительных систем: вчера, сегодня, завтра* / А.Н. Рокочинский, В.А. Турченко, Н.В. Приходько, В.В. Заец // *Научно-практический журнал «Природообустройство» (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)*. – Москва, 2015. – № 4. – С. 35-40.
2. *Рис в Україні: [колективна монографія]* / за ред. д.т.н., професора, член-кор. НААНУ В.А. Сташука, д.т.н., професора А.М. Рокочинського, д.е.н., професора Л.М. Грановської. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 976 с.
3. *Рис Придунав'я: [колективна монографія]* / за ред. В.А. Сташука, А.М. Рокочинського, П.І. Мендуса, В.О. Турченюка. – Херсон: Гринь Д.С., 2016. – 620 с.
4. Фроленкова Н.А., Кожушко Л.Ф., Рокочинський А.М. *Еколого-економічна оцінка в управлінні меліоративними проектами*. – Рівне: НУВГП, 2007. – 260 с.
5. Рокочинський А.М. *Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія* / За редакцією академіка УААН. Ромащенко М.І. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.
6. *Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України [науково-методичні рекомендації]* / В.В. Дудченко, Грановська Л.М., Рокочинський А.М., Турченко В.О. та ін. – Херсон-Рівне. – 2011. – 104 с.
7. Турченко В.О. *До оцінювання ефективності функціонування Придунайських рисових зрошувальних систем* / В.О. Турченко, А.М. Рокочинський, П.І. Мендусь, С.П. Мендусь // *Вісник національного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць*. – Рівне, 2015. – Вип. 3(71). – Ч. 2. – С. 306-312.
8. *Тимчасові рекомендації з оптимізації водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів* / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, Дупляк В.Д., Н.А. Фроленкова, П.П. Волк та ін. – Рівне, 2010. – 52 с.
9. *Тимчасові рекомендації з економічного обґрунтування інвестицій в проекти зрошувальних систем* / Н.А. Рокочинська, Л.Ф. Кожушко, А.М. Рокочинський, С.Р. Стасюк. – Рівне: УДУВГП, 2004. – 37 с.
10. Трусов П.В. *Введение в математическое моделирование: учеб. пособие* / П.В. Трусов. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
11. Ашманов С.А., Тимохов А.В. *Теория оптимизации в задачах и упражнениях* – М.: Наука, 1991. – 154 с.

### **В.А. Турченко, Н.А. Фроленкова, О.Ю. Тимейчук, А.Н. Рокочинский** **Эколого-экономическая оценка проектов реконструкции** **рисовых оросительных систем и их общей эффективности**

*Обосновано необходимость и рассмотрены подходы к совершенствованию технологии разработки проектов реконструкции рисовых оросительных систем и оценки их общей эколого-экономической эффективности. Проведена оценка экономической эффективности и инновационной привлекательности результатов научных исследований, обосновано оптимальный состав мероприятий и очередности их реализаций при реконструкции действующих рисовых систем.*

### **V.A. Turchenyuk, N.A. Frolenkova, O.Y. Tymeichuk, A.N. Rokochynskyu** **Ecological and economic evaluation of the projects** **on rice irrigation systems and their general efficiency**

*The necessity and the approaches to improving the technology of developing projects for the reconstruction of rice irrigation systems and assessing their overall ecological and economic efficiency are considered. The estimation of economic efficiency and innovative attractiveness of the results of scientific researches is carried out, the optimal composition of the measures and the priority of their implementation during the reconstruction of the existing rice systems is substantiated.*

УДК 666.96

## ВПЛИВ РЕЦЕПТУРИ НА ВЛАСТИВОСТІ САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНОГО БЕТОНУ

**О.В. КОВАЛЕНКО**, канд. тех. наук,

**О.Ю. ЮЗЮК**, аспірант

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Наведено результати досліджень впливу рецептури на технологічні та фізико-механічні властивості самоущільнювального бетону як матеріалу для ремонту та відновлення залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.*

**Ключові слова:** самоущільнювальний бетон, рецептура, фізико-механічні властивості, технологічні властивості, експериментально-статистичні моделі

**Актуальність проблеми.** Гідротехнічні споруди (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) в процесі довготривалої експлуатації зазнали значних руйнувань і потребують проведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР). Ремонт і реконструкція ГТС ВМК є однією з актуальних проблем останніх років та потребують застосування ефективних технологій з використанням матеріалів із високими технологічними та фізико-механічними властивостями.

Найбільший обсяг робіт при ремонті ГТС ВМК займає бетонування. Переважна більшість залізобетонних конструкцій ГТС насичені арматурою, закладними елементами та мають складну конфігурацію, що ускладнює подачу і розподіл бетонної суміші, перешкоджає переміщенню її всередині бетонованого об'єму і ускладнює або робить неможливим якісне ущільнення суміші вібраторами. Особливості конструкцій гідротехнічних споруд обумовлюють необхідність вести бетонування литими бетонними сумішами, здатними самопливом заповнювати бетонований простір без ущільнення вібраторами. Застосування таких сумішей дає можливість для широкого кола конструкцій знизити трудовитрати на укладання бетону, прискорити темпи бетонування з використанням бетононасосів. Для переважної більшості залізобетонних конструкцій, особливо при виконанні ремонтних робіт, таким бетонам немає альтернативи.

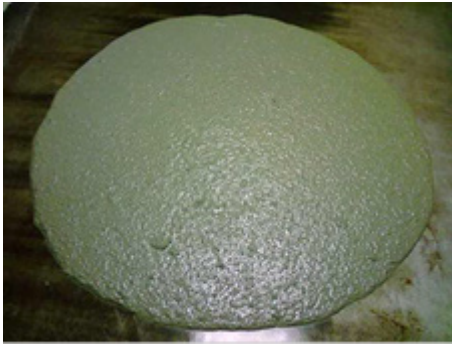
Досвід будівництва та ремонту ГТС із застосуванням традиційних литих бетонних сумішей показав ряд їх недоліків, які пов'язані з недостатньо високими показниками міцності, морозостійкості, адгезійної міцності, водонепроникності та тріщиностійкості бетону [1]. Ці обставини змушують шукати нові, більш досконалі модифікації литих бетонних сумішей, розширювати масштаби їх застосування.

Успіхи у створенні сучасних ефективних, високотехнологічних, високо функціональних бетонів (High Performance Concrete, HPC) з високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями відкривають нові перспективи застосування цього матеріалу в будівництві [2]. До таких бетонів належать самоущільнювальні бетони (СУБ), які отримують модифікацією бетонних сумішей органо-мінеральними добавками, до складу яких входять полікарбоксилатні суперпластифікатори останнього покоління та активні мінеральні наповнювачі (мікрокремнезем, метакаолін).

**Аналіз попередніх досліджень.** СУБ – це бетони, одержані із особливо високорухомих бетонних сумішей, які здатні самопливом під дією власної ваги заповнювати простір, що бетонується, та які практично не потребують використання механічної вібрації. У німецькій мові СУБ отримав скорочену назву SVB (selbstverdichtender beton), в англійській – SCC (self-compacting concrete), у французькій – ВАР (béton autoplaçant). До самоущільнювальних бетонних сумішей (СУБС) належать суміші, розплив конуса яких складає 550–850 мм (рис. 1).

Висока рухомість та самоущільнення бетонної суміші забезпечують відсутність розшарування між крупним заповнювачем та розчиною частиною при переміщенні бетонної суміші через ділянки конструкції з високою концентрацією арматурних стержнів та високу структурну однорідність бетону.

СУБС, як напрямок в технології приготування бетонних сумішей, виділився завдяки дослідженням японських вчених Х. Окамури, К. Маєкави та К. Озави, проведеним у кінці 1980-х років [3-5]. У 1988 р. вперше був представлений прототип СУБ. У 2004 році п'ять європейських організацій: Bureau International du Béton Manufacturé (BIBM),



**Рис. 1. Самоущільнювальна бетонна суміш**

European Cement Association (CEMBUREAU), The European Ready-mix Concrete Organisation (ERMCO), The European Federation of Concrete Admixture Associations (EFCA), The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC) створили «Європейську групу з проекту» задля оцінювання накопиченого досвіду застосування СУБ та підготовки документа, який охоплював би всі аспекти СУБ. У розробленому документі «The European Guidelines for Self-Compacting Concrete» («Європейське керівництво з самоущільнювального бетону») наведено склади бетонних сумішей для виробництва СУБ, методи випробування, інформацію про матеріали [6].

Основними галузями використання СУБ є висотне будівництво, атомні електростанції, морські гідротехнічні споруди, мости, різні інженерні споруди, дорожні покриття, монолітні та збірно-монолітні спеціальні споруди, покриття аеродромів, злітно-посадкових смуг, монолітних конструкцій стартових комплексів для космічних систем та інших спеціальних об'єктів. В Японії із СУБ виготовляється біля 50% нових залізобетонних конструкцій, в Європі – 7-10% об'єму бетону, що виробляється [7].

Незважаючи на численні дослідження інформація про вплив рецептури на властивості СУБ як матеріалу для конструкційного ремонту та відновлення залізобетонних ГТС в науковій літературі обмежена. Метою цієї роботи було встановлення впливу рецептури на технологічні та фізико-механічні властивості СУБ.

**Методика досліджень.** У дослідженнях застосовували матеріали: портландцемент ПЦ І-500 виробництва ВАТ «Волиньцемент», щебінь гранітний фракції 5-10 Коростеньського кар'єру, пісок річковий Дніпровський з модулем крупності  $M_{кр} = 1,49$ , метакаолін (МТК) виробництва ТОВ «МетаД», суперпластифікатор (СП) на основі ефірів полікарбонату марки Adium 150. Бетонні суміші готували з використанням ручного електроміксера в три етапи: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., потім готували рідку фазу шляхом перемішування води і суперпластифікатора, насамкінець суміш сухих компонентів перемішували з рідкою фазою протягом 5 хв. Витрата цементу для всіх зразків становила  $450 \text{ кг/м}^3$ , піску –  $940 \text{ кг/м}^3$ , щебеню –  $940 \text{ кг/м}^3$ . Бетонні зразки формували методом наливу сумішей у відповідні форми.

Рухомість бетонних сумішей визначали за діаметром розпливу конуса згідно ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань; міцнісні показники бетону – згідно ДСТУ БВ.2.7-214: 2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності – за контрольними зразками; водопоглинання – згідно ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.

Бетонні зразки-балочки розміром  $4 \times 4 \times 16 \text{ см}$  і куби розміром  $7,07 \times 7,07 \times 7,07 \text{ см}$  витримували в нормально-вологих умовах протягом 28 діб. Дозування добавок розраховували по відношенню до маси цементу. Дослідження проводили із застосуванням методу математичного планування експерименту. Умови планування експерименту наведено в табл. 1.

**Результати досліджень.** Матриця планування експерименту та результати випробувань наведені в табл.2. Як видно із даних табл.2 в залежності від рецептури рухомість бетонних сумішей становить 370...770 мм, міцність при стиску бетону – 46,1...62,7, міцність при згині – 8,4...9,9, водопоглинання – 5,13...6,07%. З підвищенням рухо-

### 1. Умови планування експерименту при дослідженні СУБ

Фактори рецептури	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	-1	0	+1	
$X_1$ , водоцементне відношення, В/Ц	0,40	0,42	0,44	0,02
$X_2$ , вміст СП в суміші, % від маси цементу	1,00	1,2	1,4	0,2
$X_3$ , вміст МТК в суміші, % від маси цементу	5	10	15	5

мості бетонних сумішей фізико-механічні показники бетону знижуються.

СУБ, отримані на основі сумішей досліджуваних рецептур, відповідають вимогам, що пред'являються до бетонів для конструкційного ремонту залізобетонних споруд (згідно EN 1504): їх міцність при стиску > 45 МПа. Однак, не вся область рецептур відповідає вимогам, що пред'являються до самоущільнювальних бетонних сумішей (СУБС): їх рухомість повинна бути  $\geq 550$  мм. Для оптимізації рецептури СУБ, як матеріалу для конструкційного ремонту залізобетонних споруд необхідно вирішувати компромісну задачу: область рецептур повинна задовольняти вимогам як за рухомістю бетонних сумішей, так і за міцнісними показниками бетону.

У результаті реалізації плану експерименту отримані експериментально-статистичні (ЕС) моделі, які виражають вплив рецептури на рухомість бетонних сумішей та на фізико-механічні властивості бетону:

$$D_{p.k.} = 570 + 90x_1 + 35x_2 - 97x_3 - 10x_1^2 + 20x_2^2 + 20x_1x_2 + 34x_1x_3 + 11x_2x_3 \quad (1)$$

$$f_{cm} = 54,3 - 4,6x_1 - 0,5x_2 + 3,5x_3 + 2,4x_1^2 - 0,9x_3^2 + 1,3x_1x_3 \quad (2)$$

$$f_{ctd} = 8,98 - 0,42x_1 + 0,41x_3 + 0,22x_1^2 - 0,13x_3^2 + 0,1x_1x_3 \quad (3)$$

$$W_m = 5,57 + 0,24x_1 \quad (4)$$

Аналіз моделей 1-4 показує, що рецептура чинить суттєвий вплив на рухомість бетонних

сумішей і в меншій мірі на фізико-механічні властивості бетону. На величину рухомості бетонної суміші позитивно впливають два фактори:  $X_1$  (величина В/Ц) та  $X_2$  (вміст СП), при переважному впливі величини В/Ц; фактор  $X_2$  (вміст МТК) негативно впливає на цей показник. Вплив указаних факторів на міцнісні властивості бетону обернений за знаком: із збільшенням В/Ц та вмісту СП міцність бетону знижується, а із збільшенням вмісту МТК – зростає. Величина В/Ц чинить переважний вплив на міцнісні характеристики бетону, вміст СП незначно впливає на міцність при стиску, а його вплив на міцність при згині не проявляється. Величина водопоглинання бетону збільшується із збільшенням В/Ц, вплив модифікуючих добавок СП та МТК на цей показник не виявлено.

Графічне зображення моделей 1-3 наведено на рис. 2-3.

Як видно із рис.2 та рис.3 області рецептури, які задовольняють вимоги, що пред'являються до СУБС за показником рухомості бетонної суміші не менше 550 мм та показником міцності при стиску бетону в проектному віці (28діб) не менше 45 МПа відповідають наступним сполученням факторів: для класу SF1 ( $D_{p.k.} = 550 \dots 650$  мм) – В/Ц=0,40...0,44, вміст СП – 1,0...1,4%, вміст МТК – 8...15%; для класу SF2 ( $D_{p.k.} = 660 \dots 750$  мм) – В/Ц=0,42...0,44, вміст СП – 1,0...1,4%, вміст МТК – 5...8%; для класу SF3 ( $D_{p.k.} = 760 \dots 850$  мм) – В/Ц=0,44, вміст СП – 1,35...1,40%, вміст МТК – 5...7%.

## 2. Матриця планування експерименту та результати випробувань

№ досліджу	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Діаметр розпливання конуса $D_{p.k.}$ , мм	Міцність при стиску $f_{cm}$ , МПа	Міцність при згині $f_{ctd}$ , МПа	Водопоглинання $W$ , %
1	+	+	+	700	55,2	9,0	5,77
2	-	+	+	378	61,3	9,9	5,43
3	+	-	+	530	56,5	9,3	6,04
4	-	-	+	370	62,7	9,8	5,13
5	+	+	-	770	46,1	8,3	6,07
6	-	+	-	664	59,1	9,2	5,25
7	+	-	-	725	47,8	8,0	5,64
8	-	-	-	620	57,4	9,3	5,54
9	+	0	0	628	51,1	8,9	5,76
10	-	0	0	425	61,8	9,5	5,52
11	0	+	0	600	52,9	8,9	5,63
12	0	-	0	515	54,7	9,1	5,64
13	0	0	+	457	58,1	9,3	5,63
14	0	0	-	628	48,2	8,4	5,60
15	0	0	0	600	55,1	9,2	5,50



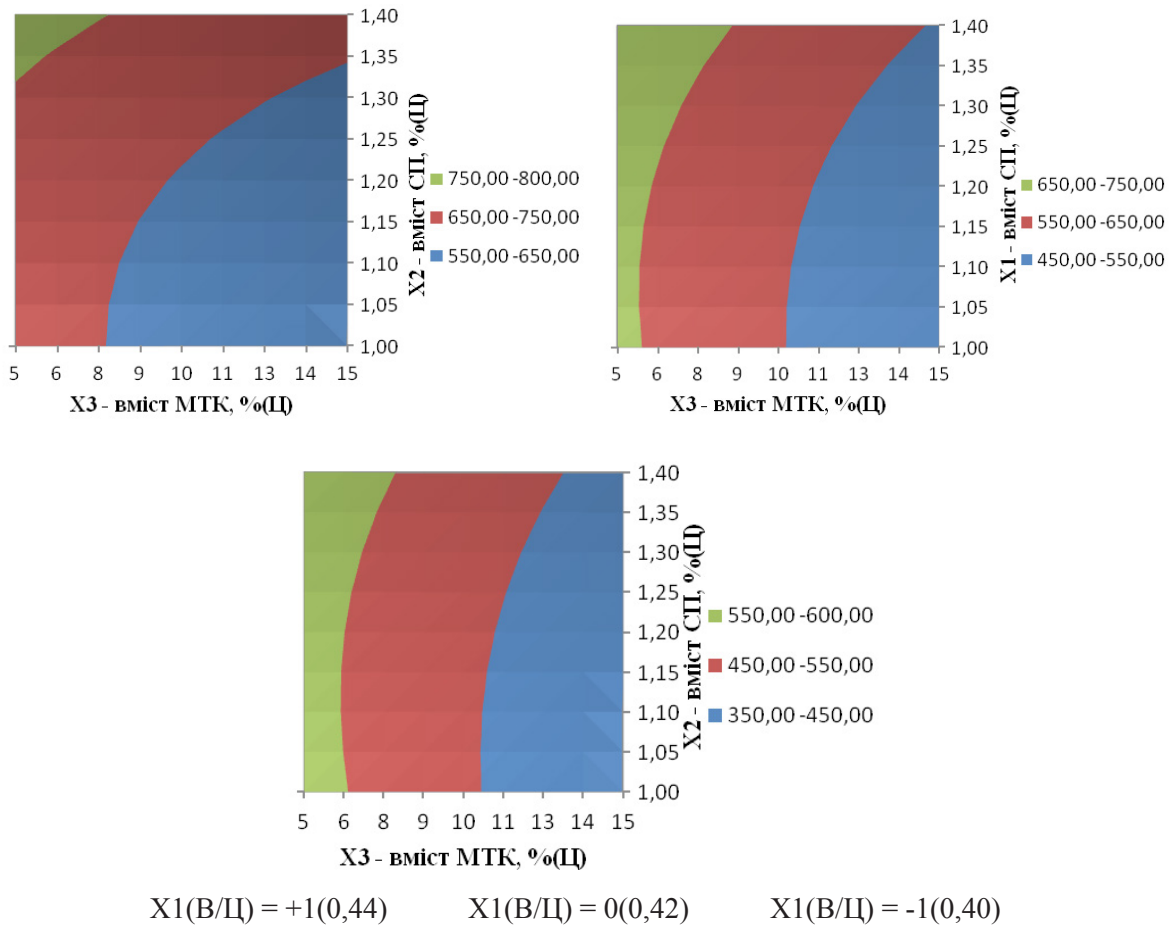


Рис. 2. Вплив рецептури на рухомість СУБС

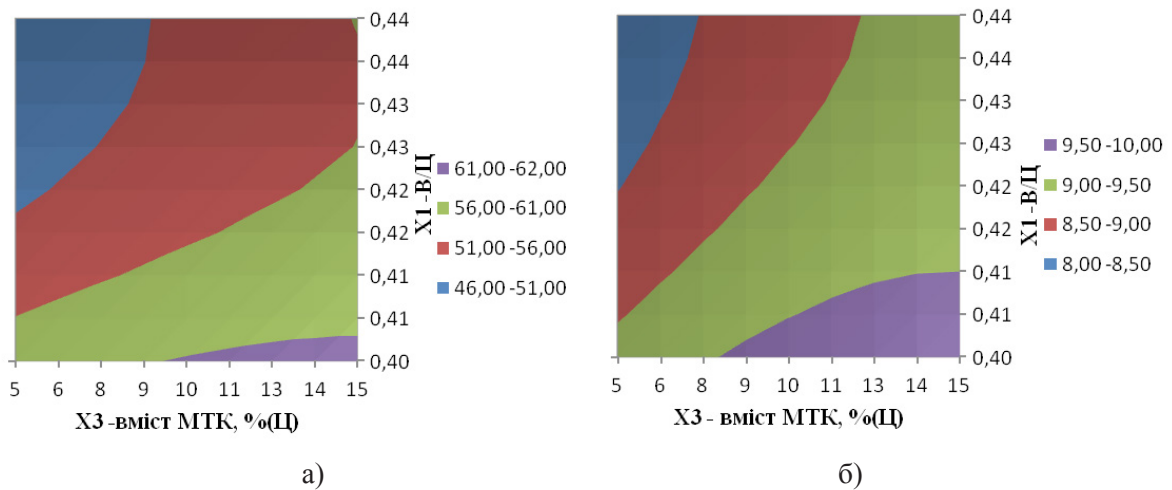


Рис. 3. Вплив рецептури на міцність при стиску (а) та на міцність при згині (б) СУБ (вміст СП=1,2%)

**Висновок.** Досліджено вплив водоцементного відношення (в межах 0,40-0,44), полікарбонатного суперпластифікатора Adium-150 (в межах 1,0-1,4% від маси цементу) та метаксаоліну (в межах 5-15% від маси

цементу) на рухомість самоущільнювальної бетонної суміші та на фізико-механічні властивості самоущільнювального бетону. Встановлено, що рецептура чинить суттєвий вплив на рухомість бетонних сумішей і в

меншій мірі на фізико-механічні властивості бетону. На величину рухомості бетонної суміші позитивно впливають величина В/Ц та суперпластифікатор, при переважному впливі величини В/Ц; метакаолін негативно впливає на цей показник. Вплив указаних факторів на міцнісні властивості бетону обернений за знаком: із збільшенням В/Ц та вмісту суперпластифікатора міцність бетону знижується, а із збільшенням вмісту метакаоліну – зростає. Величина В/Ц чинить переважний вплив на міцнісні характеристики бетону, вміст суперпластифікатора незначно впливає на міцність при стиску, а його вплив на міцність при згині не проявляється. Величина водопоглинання

бетону збільшується із збільшенням В/Ц, вплив модифікуючих добавок (суперпластифікатора та метакаоліну) на цей показник не виявлено.

Для забезпечення рухомості бетонної суміші за величиною діаметра розливу стандартного конуса 550-760 мм, міцності на стиск бетону в проектному віці не менше 45 МПа, область раціональних рецептур знаходиться в межах: для класу SF1 – В/Ц=0,40...0,44, вміст СП – 1,0...1,4%, вміст МТК – 8...15%; для класу SF2 – В/Ц=0,42...0,44, вміст СП – 1,0...1,4%, вміст МТК – 5...8%; для класу SF3 – В/Ц=0,44, вміст СП – 1,35...1,40%, вміст МТК – 5...7%.

### Бібліографія

1. Костыря Г.З. *Технология бетона и бетонных работ при строительстве и ремонте железобетонных конструкций гидротехнических сооружений с применением высокопластичных бетонных смесей с добавками ПАВ и микронаполнителя : автореферат дис. кандидата технических наук : 05.23.07, 05.23.05 / ВНИИ гидротехники им. Б. Е. Веденеева. Санкт-Петербург, 2000. 33 с.*
2. Фаликман В.Р. *Новые эффективные высокофункциональные бетоны. Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. №1. 2011. С. 48-54.*
3. Okamura H., Ouchi M. *Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology. 2003. № 1. Pp. 5-15.*
4. Kitamura H., Nishizaki T., Ito, H., Chikamatsu R., Kamada F., Okudate M. *Construction of prestressed concrete outer tank for LNG storage using high-strength self-compacting concrete // Proceedings of the International Workshop on Self-Compacting Concrete. 1999. Pp. 262-291.*
5. Ozawa, K. *Development of high performance concrete based on the durability design of concrete structures // Proceedings of the second East-Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. 1999. Vol. 1. Pp. 445-450.*
6. *The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. 21 p.*
7. Комаринский М.В., Смирнов С.И., Бурцева Д.А. *Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 11. С. 106-118.*

**А.В. Коваленко, А.Ю. Юзюк**

#### **Влияние рецептуры на свойства самоуплотняющихся бетонов**

*Приведены результаты исследований влияния рецептуры на технологические и физико-механические свойства самоуплотняющегося бетона как материала для ремонта и восстановления железобетонных гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса*

**A.V. Kovalenko, A.Y. Yuzyuk**

#### **Effect of the formulation on the properties of self-compacting concretes**

*The results of studies of the effect of the formulation on the technological and physicalmechanical properties of self-compacting concrete as a material for repair and restoration of reinforced concrete hydraulic structures of the water management and reclamation complex.*

УДК 626.01:626.82:338.43

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РОЗРАХУНКОВИХ ВЕЛИЧИН ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ПАВОДКІВ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОТИПАВОДКОВИХ СИСТЕМ

**В.І. ПЕТРОЧЕНКО**, канд. тех. наук,  
Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Розглянуто проблему підвищення ефективності вкладення інвестицій в протипаводкові заходи шляхом удосконалення проектних рішень захисних інженерних систем. Ефективність проектів протипаводкових систем запропоновано оцінювати за величиною індексу дохідності інвестицій в будівництво та реконструкцію систем. Для досягнення максимального індексу дохідності інвестицій розроблено та запропоновано для практичного використання на стадії проектування протипаводкових систем методичні засади вибору оптимальних розрахункових величин забезпеченості паводків.*

**Ключові слова:** паводки, забезпеченість паводків, збитки від паводків, протипаводкові системи, будівництво і реконструкція систем, відвернені збитки від паводків, індекс дохідності інвестицій, ефективність заходів

**Проблема та її актуальність.** Паводки та повені – стихійні явища, які в багатьох країнах світу спричиняють значні економічні, соціальні та екологічні збитки [1, 2]. В Україні найбільші паводки спостерігаються в басейнах гірських річок Карпатського регіону, де вони можуть повторюватись 3-5 разів на рік [3]. Для координації заходів боротьби з паводками на міжнародному рівні Європейським парламентом прийнята рамкова Директива №2007/60/ЄС [4], у якій для країн ЄС визначено основні рекомендації щодо оцінки та управління ризиками, пов'язаними з паводками. Проте для практичного застосування Директиви №2007/60/ЄС, її загальні директивні положення потребують деталізації, а процедура розробки планів управління ризиками паводкової небезпеки потребує певного наукового обґрунтування та методичного забезпечення.

Актуальність наукового обґрунтування та методичного забезпечення процедури розробки планів управління ризиками паводкової небезпеки обумовлена необхідністю рішення проблеми підвищення ефективності вкладення інвестицій в протипаводкові заходи. Для України цю проблему можна визнати як загальнодержавну, оскільки через велику вартість протипаводкових заходів та їх комерційну непривабливість для приватних інвесторів протипаводковий захист здійснюють переважно за кошти Державного бюджету.

**Гіпотезою дослідження** є припущення щодо можливості підвищення ефективності вкладення інвестицій в превентивні протипаводкові заходи в басейнах річок шляхом оптимізації розрахункових величин забезпеченості

паводків на стадії розробки проектів протипаводкового захисту.

**Метою дослідження** є розробка методичних засад визначення оптимальних розрахункових величин забезпеченості паводків на стадії проектування систем протипаводкового захисту.

**Методика дослідження.** Дослідження виконується з позицій системного аналізу комплексу гідрологічних, гідротехнічних та техніко-економічних показників систем превентивного захисту від паводків в басейнах річок.

**Результати дослідження.** Ефективність вкладення інвестицій в протипаводкові заходи оцінюють індексом дохідності інвестицій  $I(p_p)$ , який, залежно від розрахункової (проектної) забезпеченості паводка  $p_p$ , що закладають у проект захисної системи, визначають за формулою:

$$I(p_p) = \frac{BZ(p_p)}{B(p_p) + \Delta Z(p_p)}, \quad (1)$$

де  $BZ(p_p)$  – відвернені збитки від паводків за умови спорудження в басейні річки системи захисту від паводків розрахункової забезпеченості  $p_p$ , тис. грн.;  $B(p_p)$  – сума капітальних та експлуатаційних витрат на спорудження в басейні річки системи захисту від паводків розрахункової забезпеченості  $p_p$ , тис. грн.;  $\Delta Z(p_p)$  – можливі збитки від паводків забезпеченістю  $p$ , меншою розрахунковою ( $p < (p_p)$ ), які через цю причину не будуть відвернені, тис. грн.

Відповідно до формули (1) індекс дохідності інвестицій  $I(p_p)$  може бути збільшений шляхом: збільшення відвернених збитків  $BZ(p_p)$ ; зменшення витрат  $B(p_p)$ ; зменшення збитків  $\Delta Z(p_p)$ . Неважко встановити, що зі

збільшенням величини розрахункової забезпеченості паводків  $p_p BZ(p_p)$  і  $B(p_p)$  зменшуються, а збитки  $\Delta Z(p_p)$  збільшуються. Зі зменшенням розрахункової величини забезпеченості паводків  $p_p BZ(p_p)$  і  $B(p_p)$  збільшуються, а  $\Delta Z(p_p)$  зменшуються.

Тобто, якщо проект протипаводкової системи буде розрахований на занадто великий відсоток забезпеченості паводків  $p_p$ , маємо порівняно невеликі витрати  $B(p_p)$ , але при цьому захисні функції протипаводкової системи будуть недостатні, що призведе до зменшення відвернених збитків  $BZ(p_p)$  і збільшення збитків  $\Delta Z(p_p)$ , які не будуть відвернені протипаводковими заходами.

Якщо ж проект протипаводкової системи буде розрахований на занадто малий відсоток забезпеченості паводків  $p_p$ , будемо мати систему протипаводкового захисту більш високої надійності, величина можливих збитків  $\Delta Z(p_p)$  буде наближатись до нуля, але при цьому витрати  $B(p_p)$  на спорудження та експлуатацію системи будуть не виправдано великими.

Основною задачею даного дослідження є розробка методичних засад з визначення оптимальних розрахункових величин забезпеченості паводків  $p_p^{opt}$ , за якими досягається максимальне значення  $I(p_p)_{max}$  індексу дохідності інвестицій в протипаводкові заходи, які розраховують за формулою (1).

За розробленими методичними засадами оптимальну розрахункову величину забезпеченості паводків на стадії проектування кожної системи захисту від паводків території в басейні річки визначають поетапно.

Етап 1. «Визначення розрахункового створу річки».

Розрахунковим вважають верхній створ річки (поз. 3 на рис. 1), який знаходиться на межі або поблизу межі території басейну річки, що захищається від паводків (поз. 2 на рис. 1). Розрахунковий створ річки можна вважати ще й критеріальним, оскільки через нього паводковий потік потрапляє на територію, що захищається від паводка, тому витрата  $Q$  паводкового потоку в ньому є гідрологічним критерієм оцінки паводкової небезпеки в басейні річки.

Етап 2. «Збір та аналіз емпіричних даних гідрологічних досліджень витрати води в розрахунковому створі річки за минулий період».

Результати вимірювань у розрахунковому створі річки максимальної витрати води  $Q_m$ , яка була зафіксована протягом певного  $m$ -го року минулого періоду, розміщують у ряд (2) в порядку їх послідовного зменшення:

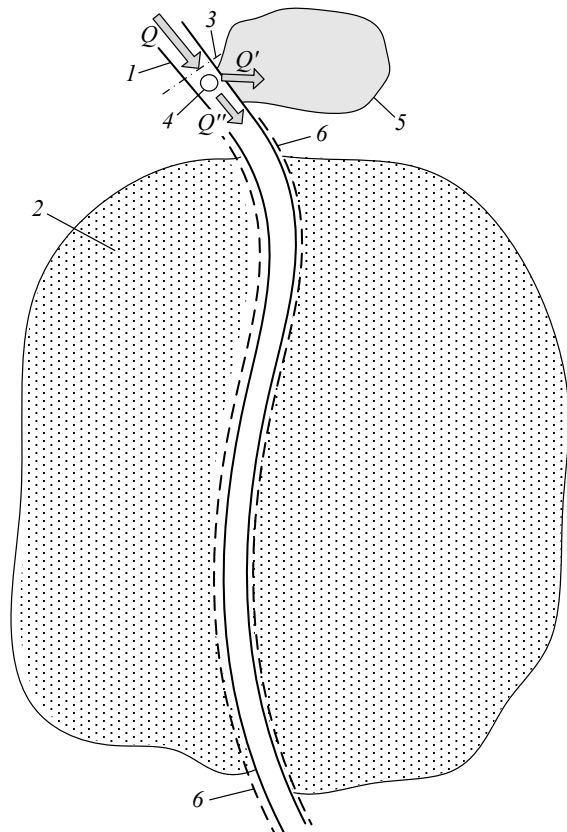
$$Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3 \geq \dots \geq Q_m \geq \dots \geq Q_{n-1} \geq Q_n, \quad (2)$$

де  $m$  – порядковий номер року в ряду;  $n$  – кількість років спостережень у ряду.

Для кожного  $m$ -го члена ряду (2) відповідно до [5] визначають імовірність (у відсотках) перевищення його значення  $Q_m$  за формулою:

$$p_m = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Після розрахунків  $p_m$  за формулою (3) за емпіричними точками 3 (рис. 2) у вигляді ламаної лінії будують емпіричну криву 1 забезпеченості паводків.



**Рис. 1. Принципова схема протипаводкового захисту в басейнах річок:**

- 1 – річка; 2 – територія, що захищається від паводків; 3 – розрахунковий створ річки;
- 4 – точка біфуркації паводкового потоку;
- 5 – протипаводкове водосховище;
- 6 – берегозахисна споруда

Етап 3. «Обробка емпіричних даних гідрологічних досліджень паводкових ситуацій за минулий період».

З урахуванням недостатньої кількості емпіричних точок 3 (рис. 2) та похибок їх визначення результати гідрологічних вимірювань згладжують, замінюючи емпіричну криву 1 забезпеченості паводків теоретичною кривою

2. Теоретична крива 2 є графіком спадної функції  $Q=F_1(p)$ , яку доцільно апроксимувати гіперболою такого виду:

$$Q = \frac{k_1}{p} + k_2. \quad (4)$$

Для можливості обробки емпіричних точок  $(Q_m, p_m)$  за методом найменших квадратів доцільно позначити:  $1/p=z$ ;  $1/p_m=z_m$ . Це дає можливість замінити гіперболічну функцію (4) лінійною функцією (5):

$$Q=f_1(z) = k_1 z + k_2. \quad (5)$$

Для визначення невідомих коефіцієнтів  $k_1$  і  $k_2$  функції (5) складають функцію неузгодженості  $\Phi(k_1, k_2)$  та знаходять її мінімальне значення:

$$\Phi(k_1, k_2) = \sum_{z=1}^n (Q_m - (k_1 z_m + k_2))^2 \rightarrow \min. \quad (6)$$

Після математичних перетворень невідомі коефіцієнти  $k_1$  і  $k_2$  лінійної функції (5), а отже і гіперболічної функції (4), знаходять з системи рівнянь:

$$k_1 = \frac{n \sum_{m=1}^n z_m Q_m - \sum_{m=1}^n z_m \cdot \sum_{m=1}^n Q_m}{n \sum_{m=1}^n z_m^2 - \left( \sum_{m=1}^n z_m \right)^2}; \quad (7)$$

$$k_2 = \frac{\sum_{m=1}^n Q_m - a \sum_{m=1}^n z_m}{n}$$

де  $Q_m$  – максимальна витрата води, що спостерігалась у  $m$ -му році;  $z_m = 1/p_m$ ;  $p_m$  – забезпеченість паводка у  $m$ -му році, розрахована за формулою (3).

Підставивши у (4) значення коефіцієнтів  $k_1$  і  $k_2$ , розрахованих з системи рівнянь (7), отримують теоретичну залежність  $Q=F_1(p)$  забезпеченості паводків у вигляді функції (4), за якою будують теоретичну криву 2 (рис. 2).

Попередньо приймають, що мінімальна розрахункова величина забезпеченості паводків в проектах систем протипаводкового захисту становить 1% ( $p_{np} \geq 1\%$ ), а розрахунковий термін  $T$  протипаводкового захисту території в басейні річки для зручності доцільно прийняти рівним 100 років ( $T=100$  років). За таких умов формулу (3) можна спростити:

$$p_m = m/n \cdot 100\%. \quad (8)$$

З урахуванням прийнятої класифікації паводків за величиною їх забезпеченості  $p$  [1, 3, 6] загальну кількість паводків, що припадає на 100 років, доцільно поділити на 5 модулів за принципом:

$p = 1\%$  – особливо видатні паводки (один раз у 100 років);

$p = 2\%$  – катастрофічні паводки (один раз у 50 років);

$p = 5\%$  – великі паводки (один раз у 20 років);

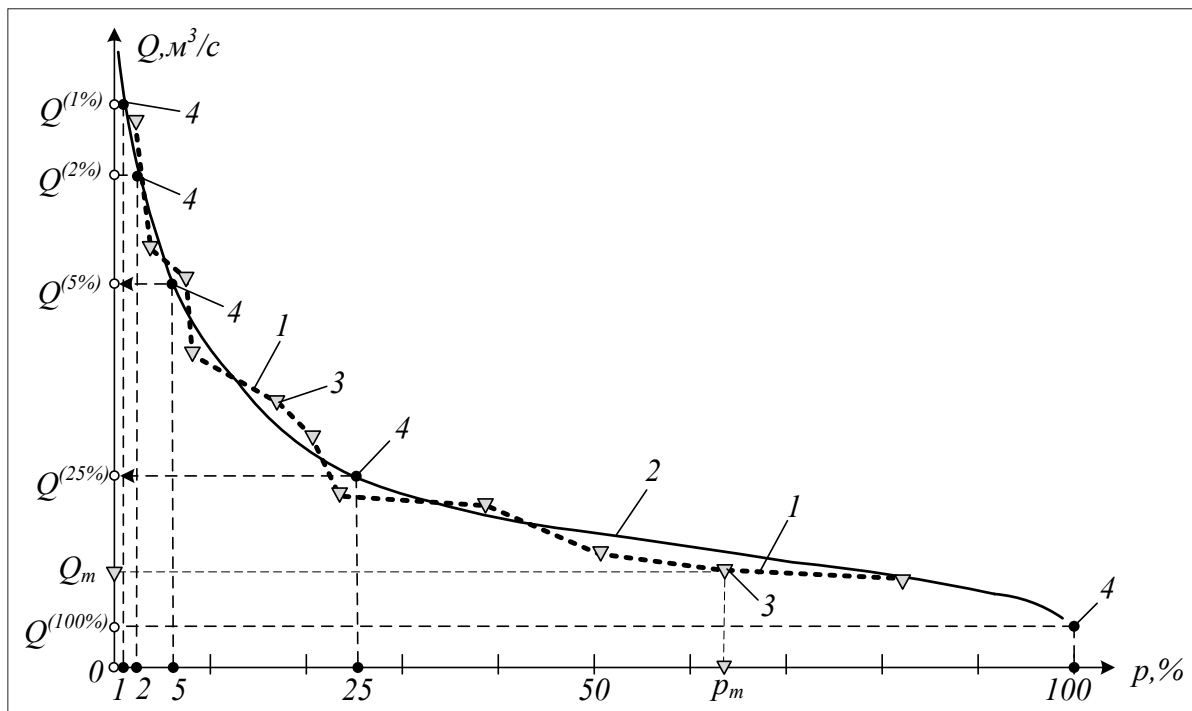


Рис. 2. Криві забезпеченості паводків:

1 – емпірична крива; 2 – теоретична крива (функція  $Q = F_1(p)$ );  
3 – емпіричні точки за результатами гідрологічних спостережень; 4 – значення функції  $Q = F_1(p)$  для фіксованих модулів забезпеченості паводків

$p = 25\%$  – середні паводки (один раз у 4 роки);

$p = 100\%$  (близько 100%) – малі паводки (відбуваються щороку). (9)

Зваживши на те, що під час розрахунку забезпеченості паводків протягом року враховують тільки один найбільш інтенсивний паводок, то на проміжку часу  $T=100$  років слід розглядати загальну чисельність паводків  $Ч_{100}=100$ , яку розподіляють за 5 модулями їх забезпеченості так:

$$\begin{aligned} Ч_{100}^{(1\%)} &= 1; \\ Ч_{100}^{(2\%)} &= 2 - Ч_{100}^{(1\%)} = 1; \\ Ч_{100}^{(5\%)} &= 5 - Ч_{100}^{(1\%)} - Ч_{100}^{(2\%)} = 3; \\ Ч_{100}^{(25\%)} &= 25 - Ч_{100}^{(1\%)} - Ч_{100}^{(2\%)} - Ч_{100}^{(5\%)} = 20; \\ Ч_{100}^{(100\%)} &= 100 - Ч_{100}^{(1\%)} - Ч_{100}^{(2\%)} - \\ &- Ч_{100}^{(5\%)} - Ч_{100}^{(25\%)} = 75. \end{aligned} \quad (10)$$

Для модульованих за принципом (9) паводків за формулою (4) виконують розрахунки витрати води в розрахунковому створі річки, а потім відображають гідрологічні показники модульованих паводків точками 4 на теоретичній кривій 2 (рис. 2).

Етап 4. «Збір та аналіз даних щодо збитків від паводків в басейні річки за минулий період».

У басейні річки 1 (рис. 1) визначають територію 2, яка у попередні роки потерпала від паводків різної забезпеченості та яка у майбутньому потребує превентивного проти-паводкового захисту. Межу території 2 визначають за критерієм шкідливого фізичного впливу на неї найбільш інтенсивного паводка (найменшої забезпеченості), що мав місце у попередні роки. Під час визначення межі території 2 слід враховувати також прогностичні дані щодо збільшення площі цієї території в майбутньому за рахунок нових забудов та збільшення обсягів господарської діяльності в басейні річки.

Для кожного зафіксованого у  $m$ -му минулому році паводка визначають розмір збитку в грошових одиницях за формулою:

$$Z_m = Z_m^{екн} + Z_m^{сц} + Z_m^{екл}, \quad (11)$$

де  $Z_m$  – збиток від паводка загальний, тис. грн.;  $Z_m^{екн}$  – збиток від паводка економічний, тис. грн.;  $Z_m^{сц}$  – збиток від паводка соціальний, тис. грн.;  $Z_m^{екл}$  – збиток від паводка екологічний, тис. грн.

Збір та аналіз даних щодо збитків від паводків за минулий період здійснюють під час розробки проекту системи проти-паводкового захисту, тому усі визначені у попередні роки вартісні показники (вартість втрачених основних та обігових коштів, втраченої продукції, непрямі економічні збитки, соці-

альні та екологічні збитки тощо), підлягають дисконтуванню за формулою:

$$B_{\eta}^{\tau} = B_{\eta}^m (1+\epsilon)^{(\tau-m)}, \quad (12)$$

де  $\tau$  – індекс розрахункового року (року розробки проекту проти-паводкової системи);  $B_{\eta}^m$  – вартісний показник  $\eta$ -го об'єкта, який був оцінений у минулому  $m$ -му році, тис. грн.;  $B_{\eta}^{\tau}$  – вартісний показник  $\eta$ -го об'єкта, що оцінюють у розрахунковому році, тис. грн.;  $\epsilon$  – коефіцієнт дисконтування;  $(\tau-m)$  – проміжок часу від минулого  $m$ -го до розрахункового  $\tau$ -го року, рік.

Збитки від паводків за минулий період часу не завжди могли бути розраховані з достатньою точністю у вартісних показниках, проте у фізичних показниках збитки зазвичай фіксуються більш повно та об'єктивно. Тому в більшості випадків доцільно використовувати статистичні дані збитків від паводків у фізичних показниках, а потім на стадії розробки проекту проти-паводкової системи виконувати розрахунки збитків за минулий період у грошових одиницях вже в цінах розрахункового року. Методика розрахунку економічних, соціальних та екологічних збитків детально викладена у [6].

Етап 5. «Обробка результатів розрахунку збитків від паводкових ситуацій за минулий період».

Загальні збитки в басейні річки від найбільш інтенсивного паводка кожного року минулого періоду, що розраховані за формулою (11), розміщують в ряд (13) у порядку їх послідовного зменшення:

$$Z_1 \geq Z_2 \geq Z_3 \geq \dots \geq Z_m \geq \dots \geq Z_{n-1} \geq Z_n, \quad (13)$$

де  $m$  – порядковий номер року в ряду;  $n$  – кількість років спостережень в ряду.

Маючи розрахункові дані збитків у вигляді ряду (13), для кожного  $m$ -го члена ряду (13) аналогічно ряду (2) визначають імовірність (у відсотках) перевищення його значення  $Z_m$  за формулою (3). Це дає змогу відповідно до ряду (13) побудувати ряд емпіричних точок забезпеченості:

$$p_1 \leq p_2 \leq p_3 \leq \dots \leq p_m \leq \dots \leq p_{n-1} \leq p_n, \quad (14)$$

а також ряд емпіричних точок ( $Z_m, p_m$ ) для побудови емпіричної кривої:

$$\begin{aligned} (Z_1, p_1), (Z_2, p_2), \dots, (Z_m, p_m), \dots, \\ (Z_{n-1}, p_{n-1}), (Z_n, p_n). \end{aligned} \quad (15)$$

На базі емпіричних точок ряду (15) за методом найменших квадратів визначають теоретичну залежність збитків від забезпеченості паводків у вигляді функції  $Z=F_2(p)$ ,

яку також як і функцію витрат води у розрахунковому створі річки  $Q=F_1(p)$  слід вважати спадною і апроксимувати гіперболою:

$$Z = \frac{k_3}{p} + k_4. \quad (16)$$

Невідомі коефіцієнти  $k_3$  і  $k_4$  функції (16) знаходять за методом найменших квадратів за тією ж процедурою, що була наведена вище для визначення коефіцієнтів  $k_1$  і  $k_2$  функції (4).

Етап 6. «Визначення функціональної залежності капітальних та експлуатаційних витрат на здійснення в басейні річки превентивних інженерних протиаводкових заходів від забезпеченості паводків».

За даним етапом визначають функцію  $V=F_3(p)$  залежності капітальних та експлуатаційних витрат на здійснення захисних заходів, розрахованих на паводок забезпеченості  $p$ . Очевидно, що функція  $V=F_3(p)$  є спадною, тому вона також може бути апроксимована гіперболою такого виду:

$$V = \frac{100}{T} \left( \frac{k_5}{p} + k_6 \right), \quad (17)$$

де 100 – розрахунковий строк здійснення протиаводкових заходів, рік;  $T$  – строк експлуатації захисної системи, рік;  $k_5$  і  $k_6$  – невідомі коефіцієнти, які знаходять за методом найменших квадратів, використовуючи емпіричні дані з таблиці 1.

Спочатку довільно обирають перший ряд точок забезпеченості паводків, наприклад ряд з 5 точок забезпеченості паводків, модульованих за принципом (9). Потім, використовуючи параметри точок 1-го ряду таблиці 1, за формулою (4) розраховують параметри точок другого ряду таблиці 1.

Це дає змогу відповідно до кожної емпіричної точки  $Q_m$  другого ряду визначити емпіричну точку  $V_m$  третього ряду шляхом техніко-економічних розрахунків параметрів споруд, здатних захистити територію від паводкового потоку витратою  $Q_m$ . Процедура підготовки емпіричних точок третього ряду таблиці 1 ускладнюється тим, що під час розрахунків вартісних показників витрат виникає потреба їх оптимізації. Основним методом оптимізації витрат на здійснення

комплексу протиаводкового захисту є метод біфуркації базису [7]. На розрахунковому створі 3 річки 1 у точці біфуркації 4 (рис. 1) паводковий потік ділиться за принципом:

$$Q_m = Q_m^e + Q_m^p = Q_m \lambda + Q_m (1-\lambda), \quad (18)$$

де  $0 \leq \lambda \leq 1$ ,  $Q_m^e$  – витрата частини паводкового потоку, що надходить до протиаводкового водосховища, м<sup>3</sup>/с;  $Q_m^p$  – витрата частини паводкового потоку, що проходить руслом річки 1 з берегозахисними спорудами 6, м<sup>3</sup>/с.

Спочатку аналізують та обирають ефективні технічні рішення протиаводкових водосховищ рівнинного типу [7], або гірського типу [8] і берегозахисних споруд [9].

За методом біфуркації базису [10] знаходять оптимальне значення  $\lambda$ , за яким досягається мінімальне значення загальних витрат  $V_m(Q_m)_\lambda$  на здійснення усього комплексу протиаводкових заходів:

$$V_m(Q_m)_\lambda = B_m^B(Q_m^e) + B_m^P(Q_m^p) = \left\{ \left( \frac{K_m^B}{T_m^e} + b_m^e \right) + \left( \frac{K_m^P}{T_m^p} + b_m^p \right) \right\} 100 \rightarrow \min, \quad (19)$$

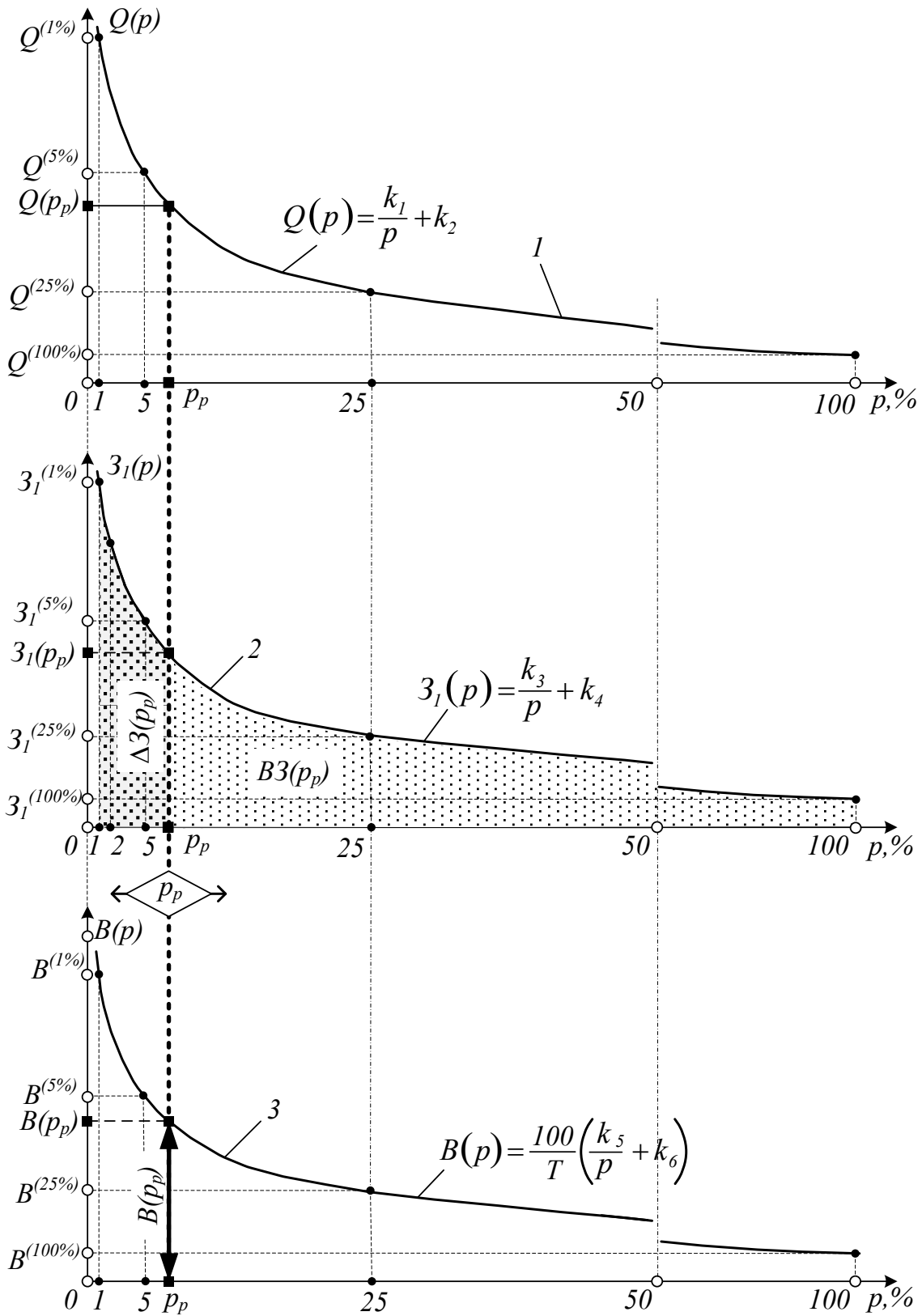
де  $B_m^B(Q_m^e)$  – загальні витрати на протиаводковий захист шляхом акумулювання паводкового потоку витратою  $Q_m^e$  до водосховища, тис. грн.;  $K_m^B$  – капіталовкладення в будівництво водосховища, тис. грн.;  $T_m^e$  – розрахунковий строк служби водосховища, рік;  $b_m^e$  – витрати на експлуатацію водосховища, тис. грн./рік.;  $B_m^P(Q_m^p)$  – загальні витрати на здійснення берегозахисних заходів в басейні річки, тис. грн.;  $K_m^P$  – капіталовкладення в будівництво берегозахисних споруд, тис. грн.;  $T_m^p$  – розрахунковий строк служби берегозахисних споруд, рік;  $b_m^p$  – витрати на експлуатацію берегозахисних споруд, тис. грн./рік.

Використовуючи емпіричні точки 1-го і 3-го рядів таблиці 1, визначають за методом найменших квадратів невідомі коефіцієнти  $k_5$  і  $k_6$  функції (17).

Етап 7. «Визначення оптимальних розрахункових величин забезпеченості паводків».

### 1. Ряди емпіричних точок для визначення функції капітальних та експлуатаційних витрат на здійснення протиаводкових заходів

№ ряду	Назва ряду емпіричних точок	Параметри точок				
1	Забезпеченість паводків $p_m, \%$	1	2	5	25	100
2	Витрата паводкового потоку $Q_m(p_m), \text{м}^3/\text{с}$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$
3	Витрати на здійснення протиаводкових заходів $V_m$ , тис. грн. /рік	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$



**Рис. 3. Спільний аналіз теоретичних кривих забезпеченості паводків:**  
 1 – за витратою паводкового потоку в розрахунковому створі річки; 2 – за збитками від паводків в басейні річки; 3 – за капітальними та експлуатаційними витратами на здійснення протипаводкових заходів



Для візуального аналізу складових функцій (1)  $B3(p_p)$ ,  $\Delta3(p_p)$  і  $I(p_p)$  будують в одному масштабі теоретичні криві функцій (4), (16) і (17) (рис. 3).

Відвернені збитки  $B3(p_p)$  визначають за площею фігури під кривою збитків 2 на інтервалі забезпеченості паводків  $p_p \leq p \leq 100$  за формулою:

$$B3(p_p) = \int_{p=p_p}^{100} \left( \frac{k_3}{p} + k_4 \right) dp = (k_3 \ln p + k_4 p) \Big|_{p_p}^{100} = k_3 \ln \frac{100}{p_p} + k_4(100 - p_p). \quad (20)$$

Невідвернені збитки  $\Delta3(p_p)$  визначають за площею фігури під кривою збитків 2 на інтервалі забезпеченості паводків  $1 \leq p \leq p_p$  за формулою:

$$\Delta3(p_p) = \int_{p=1}^{p_p} \left( \frac{k_3}{p} + k_4 \right) dp = (k_3 \ln p + k_4 p) \Big|_1^{p_p} = k_3 \ln p_p + k_4(p_p - 1). \quad (21)$$

За умови  $p=p_p$  загальні витрати на здійснення заходів становлять:

$$B(p_p) = \frac{100}{T} \left( \frac{k_5}{p_p} + k_6 \right). \quad (22)$$

Отже, індекс дохідності інвестицій  $I(p_p)$  у протипаводкові заходи, залежно від забезпеченості паводків, слід визначати за формулою:

$$I(p_p) = \frac{k_3 \ln \frac{100}{p_p} + k_4(100 - p_p)}{\frac{100}{T} \left( \frac{k_5}{p_p} + k_6 \right) + k_3 \ln p_p + k_4(p_p - 1)} \rightarrow \max. \quad (23)$$

Максимальне значення  $I(p_p)_{max}$  досягається за умови:

$$\frac{\partial (I(p_p))}{\partial (p_p)} = 0. \quad (24)$$

Проте, якщо диференціювати функцію (23) за умовою (24), буде отримано складне трансцендентне рівняння, за яким не можна буде визначати аналітичним шляхом  $p_p^{opt}$ . Тому для проектувальників пропонується визначати оптимальне значення розрахункової величини забезпеченості паводка  $p_p^{opt}$ , за якою буде досягатись максимальне значення індексу дохідності інвестицій  $I(p_p)_{max}$  шляхом послідовної підстановки значень  $p_p$  у формулу (23).

Якщо за результатами підстановки значень  $p_p$  у формулу (23) визначиться, що макси-

мальне значення  $I(p_p)_{max}$  досягається в точці  $p_p < 1$  (для особливо відповідальних систем), слід прийняти нижню межу  $\gamma$  інтегрування  $\Delta3(p_p)$  з інтервалу  $0 < \gamma < 1$ . У такому разі  $\Delta3(p_p)$  і  $I(p_p)$  визначають за формулами:

$$\Delta3(p_p) = \int_{p=\gamma}^{p_p} \left( \frac{k_3}{p} + k_4 \right) dp = (k_3 \ln p + k_4 p) \Big|_{\gamma}^{p_p} = k_3 \ln \frac{p_p}{\gamma} + k_4(p_p - \gamma); \quad (25)$$

$$I(p_p) = \frac{k_3 \ln \frac{100}{p_p} + k_4(100 - p_p)}{\frac{100}{T} \left( \frac{k_5}{p_p} + k_6 \right) + k_3 \ln \frac{p_p}{\gamma} + k_4(p_p - \gamma)} \rightarrow \max. \quad (26)$$

**Висновки.** Протипаводковий захист територій в басейнах річок потребує значних інвестиційних вкладень, тому важливе значення має забезпечення високої ефективності протипаводкових систем на стадії їх проектування, яку запропоновано оцінювати за величиною індексу дохідності інвестицій.

Індекс дохідності інвестицій в протипаводковий захист запропоновано функціонально визначати за трьома показниками: збитками від паводків, які будуть відвернені протипаводковими заходами; збитками від паводків, які можуть бути не відвернені протипаводковими заходами, капітальними та експлуатаційними витратами на здійснення протипаводкових заходів.

Встановлено, що кожен показник індексу дохідності інвестицій і сам індекс залежать від величини розрахункової забезпеченості паводків, яка закладається в основу проекту превентивного протипаводкового захисту.

Запропоновано методичні засади визначення за емпіричними даними теоретичних залежностей забезпеченості паводків: за витратою паводкового потоку; за збитками від паводків в басейні річки; за капітальними та експлуатаційними витратами на здійснення протипаводкових заходів.

Встановлена функціональна залежність індексу дохідності інвестицій від величини розрахункової забезпеченості паводків, за якою запропоновано на стадії проектування захисних систем визначати та обирати оптимальні розрахункові величини забезпеченості паводків, що дасть можливість досягти максимальних показників індексів дохідності інвестицій в протипаводковий захист територій.

## Бібліографія

1. Алексеев Н.А. Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты / Н.А. Алексеев. – М.: Мысль, 1988. – 254 с.
2. Петроченко В.И. Методологические основы устойчивого социально-экономического развития территорий трансграничного Полесья в зонах проявления негативных последствий

воздействия поверхностных и грунтовых вод. / В.И. Петроченко. // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. научн. конф. В 2-х т., Т. 1 / Нац. Акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2016. – С. 185-189.

3. Ромащенко М.І. Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання / М.І. Ромащенко, Д.П. Савчук / За редакцією М.І. Ромащенко. – К.: Аграрна наука, 2012. – 304 с.

4. Директива № 2007/60 Европейского парламенту і Ради ЄС про оцінку і управління ризиками, пов'язаними з повенями (Страсбург, 23 жовтня 2007 року).

5. Самохин А.А. Практикум по гидрологии / А.А. Самохин, Н.Н. Соловьева, А.М. Догановский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 296 с.

6. Петроченко В.І. Еколого-економічна ефективність протипаводкових заходів / В.І. Петроченко, В.А. Сташук. – К.: ДІУЕВР, 2009. – 62 с.

7. Патент на корисну модель №86677. Протипаводкова гідроенергетична споруда / Ромащенко М.І., Петроченко В.І., Савчук Д.П. – 2014, Бюл. №1.

8. Патент на корисну модель №87450. Гірське протипаводкове водосховище / Петроченко В.І., Петроченко О.В. – 2014, Бюл. №3.

9. Патент на корисну модель №86676. Покриття берегів водних об'єктів / Петроченко В.І., Шевченко А.М., Савчук Д.П., Петроченко О.В. – 2014, Бюл. №1.

10. Петроченко В.І. Метод біфуркації базису та його застосування при розробці проектів захисту від шкідливої дії вод. / В.І. Петроченко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Водні ресурси України та меліорація земель» (22 березня 2013). – К.: Держводагентство, ІВПІМ НААН – 2013. – С. 12-14.

**В.И. Петроченко**

**Методика определения оптимальных расчетных величин обеспеченности паводков на стадии проектирования противопаводковых систем**

*Рассмотрена проблема повышения эффективности вложения инвестиций в противопаводковые мероприятия путем усовершенствования проектных решений защитных инженерных систем. Эффективность проектов противопаводковых систем предложено оценивать по величине индекса доходности инвестиций в строительство и реконструкцию систем. Для достижения максимального индекса доходности инвестиций разработаны и предложены для практического использования на стадии проектирования противопаводковых систем методические основы выбора оптимальных расчетных величин обеспеченности паводков.*

**V. I. Petrochenko**

**Method for determining optimal design values of flood security at the design stage of engineering systems for flood protection**

*The problem of increasing the efficiency of investing in flood prevention activities by improving the design solutions of protective engineering systems is considered. The effectiveness of flood control systems projects is suggested to be estimated by the value of the investment return index for the construction and reconstruction of systems. To achieve the maximum index of return on investment, the methodological basis for selecting optimal design values for flood security was developed and proposed for practical use at the design stage of flood control systems.*

УДК 666.97:69.059

## СУЧАСНИЙ МОДИФІКОВАНИЙ БЕТОН ДЛЯ РЕМОНТУ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

**О.В. КОВАЛЕНКО**, канд. тех. наук  
Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Проаналізовано сучасні методи створення та застосування модифікованих бетонів з високими технологічними та фізико-механічними властивостями. Наведено результати досліджень властивостей бетону, модифікованого полікарбонатним суперпластифікатором, метакаоліном, полімерним латексом та поліпропіленовою фіброю та визначено перспективу його застосування як матеріалу для ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.*

**Ключові слова:** модифікований бетон, самоущільнювальний бетон, добавки-модифікатори, фізико-механічні властивості, технологічні властивості, експериментально-статистичні моделі

**Актуальність проблеми.** Переважна частина гідротехнічних споруд (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) під дією зовнішнього середовища зазнала різного роду руйнувань і перебуває в обмежено працездатному стані. Тому актуальним є питання ремонту та реконструкції таких споруд з метою підвищення їх експлуатаційної надійності та експлуатаційного ресурсу.

При ремонті та реконструкції ГТС часто виникає потреба проведення бетонних робіт. Традиційний бетон не завжди відповідає сучасним техніко-економічним вимогам, тому актуальним є покращення його технологічних та фізико-механічних властивостей. Одним із напрямків підвищення будівельно-технічних властивостей бетону є його модифікація хімічними та мінеральними добавками. Застосування хімічних добавок є одним із найбільш універсальних, доступних та гнучких способів управління технологією бетону та регулювання його властивостей. Науково обґрунтоване застосування добавок дозволяє вирішити технологічні задачі, які пов'язані з одержанням бетонів із заданими властивостями. Висока міцність, низька проникність, підвищена морозостійкість і довговічність можуть бути досягнуті шляхом застосування високорухомих сумішей, які містять сучасні хімічні та мінеральні добавки.

Хімічні добавки, за образним висловом В.Г. Батракова, ключ до вирішення технологічних проблем [1]. Він відмічає, що досягнуті результати і можливість удосконалення властивостей і технології бетону показують, що в цій області є значні резерви і перспективи подальшого удосконалення бетону як матеріалу з унікальними властивостями [2, 3]. На думку В.Б. Ратинова, при використанні добавок-модифікаторів відкриваються

надзвичайно великі можливості в керуванні довговічністю бетону [4].

**Аналіз попередніх досліджень.** Наукові основи модифікування будівельних матеріалів сформульовані академіком П.А. Ребіндером та його школою [5]. Досить повне уявлення про теорію і практику модифікування бетонів дає монографія Батракова В.Г. [1].

На сучасному етапі, завдяки застосуванню хімічних та мінеральних модифікуючих добавок, бетон перетворюється на складний багатокомпонентний композиційний матеріал [6]. Основним завданням сучасної технології багатокомпонентних бетонів є створення високоякісного штучного каменю, що відрізняється малою дефектністю і однорідністю структури. При введенні в бетонну суміш додаткових складових і їх модифікацій можуть бути створені різні якісні бетони:

- при введенні заповнювачів оптимальної гранулометрії та різних мінеральних наповнювачів – високоміцний бетон;
- при введенні дисперсних волокнистих матеріалів та комплексу хімічних добавок – надміцний фібробетон;
- при введенні полімерних складових – полімерцементний бетон ремонтно-гідроізоляційного призначення;
- при введенні нанокластерів вуглецю – високоміцний нанобетон;
- при введенні суперпластифікаторів з високодисперсними наповнювачами (органомінеральних добавок) та використанні заповнювачів оптимальної гранулометрії – самоущільнювальний бетон;

В основі зміни властивостей бетонів, у результаті дії добавок-модифікаторів, лежать складні колоїдно-хімічні та фізичні явища, що відбуваються в цементній системі, і які врешті-решт відображаються на фазовому складі,

пористості, міцності та довговічності цементного каменю [3].

Розроблені та підтверджені практикою наукові основи модифікування бетонів добавками-модифікаторами зіграли вирішальну роль у розвитку технології бетону. Значний прогрес у цьому напрямку пов'язаний із застосуванням комплексних органо-мінеральних модифікаторів (ОММ), які складаються із суперпластифікаторів останнього покоління на полікарбоксилатній основі та високодисперсних активних мінеральних добавок (мікрокремнезем, метакаолін) [7]. Застосування ОММ призвело до створення самоущільнювального бетону (СУБ) з високою міцністю [8, 9].

Самоущільнювальна бетонна суміш (СУБС) – це суміш, яка без дії на неї зовнішньої ущільнюючої енергії під дією власної маси тече, вивільнюється від повітря, яке в ній знаходиться, та повністю заповнює простір, що бетонується. Рухомість СУБС за діаметром розпливу конуса складає  $\geq 550$  мм. СУБС здатна самопливом заповнювати великі каверни та порожнини в тілі конструкції без ущільнення вібраторами. Застосування СУБС має ряд переваг: спрощення робіт з бетонування, можливість бетонування густоармованих конструкцій, менша кількість дефектів при укладанні бетонної суміші, скорочення термінів бетонування.

Використання СУБС доцільно в таких випадках :

- при бетонуванні на значній висоті або на воді, коли процес ущільнення вкрай утруднений і небезпечний для персоналу;
- при бетонуванні густоармованих конструкцій, де звичайна суміш не може проникнути в усі місця, що призводить до виникнення дефектів та передчасної корозії;
- при бетонуванні конструкцій складної геометричної форми, а також конструкцій, до яких пред'являються підвищені вимоги щодо якості зовнішньої поверхні бетону;
- при бетонуванні труднодоступних конструкцій споруд, де необхідно подавати велику кількість бетонної суміші.

Рецептура компонентів для приготування СУБС у різних країнах різна, але скрізь вона базується на концепції японського професора Окамури [8]. Суть концепції полягає в таких положеннях:

- насипний об'єм заповнювача крупної фракції повинен бути не більше 50% об'єму бетону;
- об'ємна частина піску в розчині повинна складати 40%;

- наявність у складі суміші дрібного пило-видного наповнювача;

- наявність у складі суміші та підвищена витрата суперпластифікатора;

- підвищена витрата цементу.

Як мікронаповнювач застосовують мелений вапняк, зольний пил та активні мінеральні добавки (мікрокремнезем, метакаолін). Як суперпластифікатори найбільш часто застосовують ефіри полікарбоксилатів, як найбільш ефективні водоредуруючі сполуки.

Оптимальне сполучення органо-мінеральних добавок-модифікаторів, а при необхідності суміщення з ними інших органічних та мінеральних матеріалів дозволяє управляти реологічними властивостями бетонних сумішей та модифікувати структуру цементного каменю на макрорівні так, щоб надати бетону властивості, які забезпечують експлуатаційну надійність та довговічність споруд [10].

Дослідження СУБС активно продовжуються. Розробка нових модифікацій СУБС з широким діапазоном технологічних властивостей, на основі яких можна одержати бетон з високими фізико-механічними властивостями, на сьогодні є актуальною науково-практичною задачею. Одним із перспективних напрямків такої модифікації може бути застосування полімерних латексів та поліпропіленової фібри, які дозволяють підвищити фізико-механічні властивості цементних композитів [11].

Мета дослідження – розробити рецептуру СУБ, модифікованого органо-мінеральними та полімерними добавками для ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій ГТС, дослідити вплив нових модифікуючих добавок на реологічні властивості СУБС та на фізико-механічні властивості СУБ.

**Методика досліджень.** Досліджували вплив полімерного латексу та поліпропіленової фібри на рухомість СУБС та на фізико-механічні властивості бетону на їх основі при постійних значеннях водоцементного відношення (В/Ц), вмісту полікарбоксилатного суперпластифікатора останнього покоління та вмісту метакаоліну : міцність при стиску  $f_{cm\ cube}$ , міцність при згині  $f_{ctd}$ , адгезійну міцність  $f_{adg}$ , ударну міцність  $f_{imp}$ , водопоглинання  $W_m$ . У дослідженнях застосовували матеріали: портландцемент ПЦ І-500 виробництва ВАТ «Волинь-цемент», щебінь гранітний фракції 5-10 Коростенського кар'єру, пісок річковий Дніпровський з модулем крупності  $M_{kp}=1,43$ , метакаолін (МТК) виробництва ТОВ «Мета-Д», полікарбоксилатний суперпластифікатор (СП) марки Adium 150, порошковий

полімерний латекс (ПЛ) марки Neolith P 4400. Бетонні суміші готували з використанням ручного електроміксера в три етапи: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., потім готували рідку фазу, перемішуючи воду і суперпластифікатор. На кінцевому етапі суміш сухих компонентів перемішували з рідкою фазою протягом 5 хв. Витрата цементу для всіх зразків становила 450 кг/м<sup>3</sup>, піску – 940 кг/м<sup>3</sup>, щебеню – 940 кг/м<sup>3</sup>. Вміст метаколіну для всіх сумішей складав 10% від маси цементу, вміст суперпластифікатора – 1,6% від маси цементу, В/Ц=0,42. Бетонні зразки формували методом наливу сумішей у відповідні форми.

Рухомість бетонних сумішей визначали за діаметром розпливу конуса згідно ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань; міцнісні показники бетону – згідно ДСТУ БВ.2.7-214: 2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками; водопоглинання – згідно ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.

Бетонні зразки-балочки розміром 4x4x16 см і куби розміром 7,07x7,07x7,07 см витримували в нормально-вологих умовах протягом 28 діб. Дозування добавок розраховували по відношенню до маси цементу.

Дослідження проводили з застосуванням методу математичного планування експерименту з використанням плану В<sub>2</sub>. Умови планування експерименту наведено в табл. 1.

**Результати досліджень.** Матриця планування експерименту та результати випробувань наведено в табл. 2.

У результаті реалізації плану експерименту отримано експериментально-статистичні (ЕС) моделі, які виражають вплив рецептури на рухомість бетонних сумішей та на фізико-механічні властивості бетону:

$$PK=607+35x_1-192x_2-14x_1^2-19x_2^2+5x_1x_2 \quad (1)$$

$$f_{cm\ cube}=40,7-2,2x_1+1,9x_2+0,8x_2^2 \quad (2)$$

$$f_{cid}=10,1+0,35x_1+0,55x_2-0,09x_1^2-0,49x_2^2 \quad (3)$$

$$f_{adg}=3,3+0,6x_1+0,4x_2-0,05x_1^2-0,15x_2^2-0,03x_1x_2 \quad (4)$$

$$f_{imp}=0,24+0,03x_1+0,04x_2-0,04x_1^2-0,02x_2^2-0,015x_1x_2 \quad (5)$$

$$W_m=3,94-0,67x_1-0,36x_2+0,15x_1^2+0,39x_2^2+0,25x_1x_2 \quad (6)$$

Графічне зображення моделей 1-6 наведено на рис. 1-3.

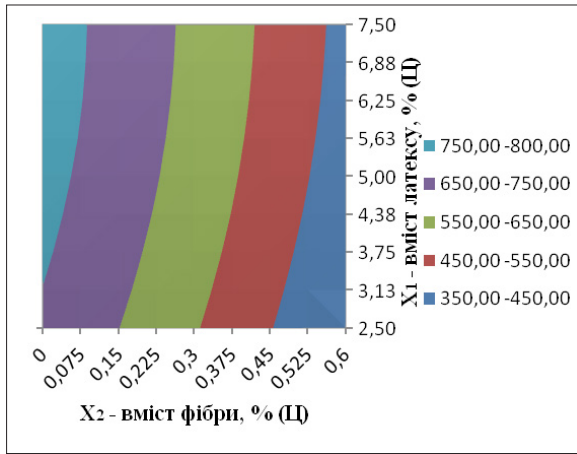
Як видно із даних, наведених у табл. 1, реологічні властивості ПСФБС та фізико-механічні властивості бетонів на їх основі в залежності від рецептури коливаються в широких межах: рухомість – від 340 до 800 мм, міцність при стиску – від 38,4 до 45,5 МПа, міцність при згині – від 8,6 до 10,5 МПа, адге-

### 1. Умови планування експерименту

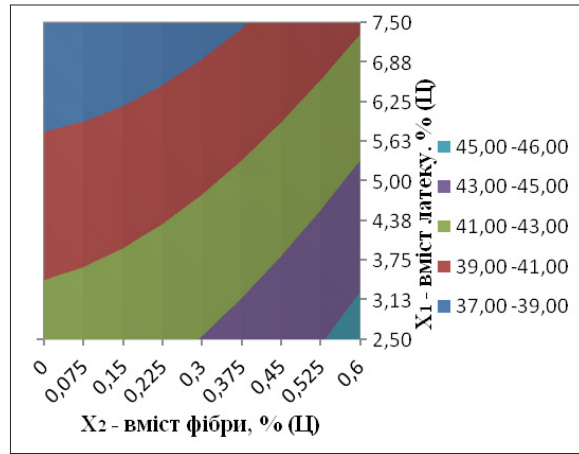
Фактори рецептури	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	-1	0	+1	
X <sub>1</sub> , вміст латексу, % від маси цементу	2,5	5,0	7,5	2,5
X <sub>2</sub> , вміст фібри, % від маси цементу	0	0,3	0,6	0,3

### 2. Матриця планування експерименту та результати випробувань

№ досліді	Матриця плану в кодах		Матриця плану в натуральних величинах		Розплив конуса РК, мм	Міцність при стиску f <sub>cm cube</sub> , МПа	Міцність при згині f <sub>cidb</sub> , МПа	Адгезійна міцність, f <sub>адг</sub> , МПа	Ударна міцність f <sub>уд</sub> , Дж/см <sup>3</sup>	Водопоглинання W, %
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Вміст ПЛ	Вміст ПФ						
1	1	1	7,5	0,6	420	41,2	10,5	4,2	0,28	3,53
2	1	-1	7,5	0	785	37,8	9,3	3,3	0,14	3,87
3	-1	1	2,5	0,6	340	45,5	8,8	2,9	0,18	4,67
4	-1	-1	2,5	0	725	42,2	8,6	2,1	0,10	6,0
5	1	0	7,5	0,3	640	38,4	10,4	3,9	0,25	3,60
6	-1	0	2,5	0,3	570	42,8	9,7	2,7	0,19	4,38
7	0	1	5,0	0,6	400	43,7	10,1	3,6	0,25	4,08
8	0	-1	5,0	0	800	38,9	9,2	2,8	0,23	4,47
9	0	0	5,0	0,3	600	40,2	10,1	3,3	0,21	4,13

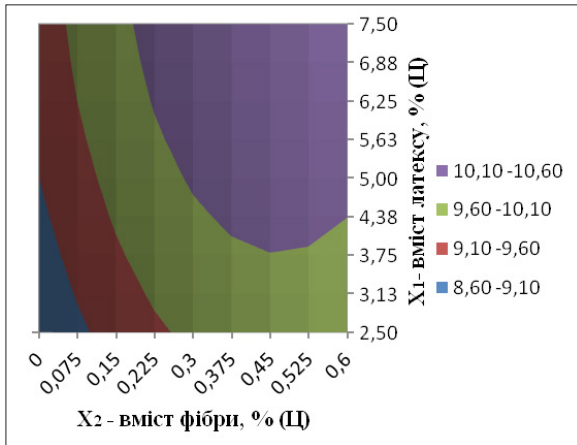


а)

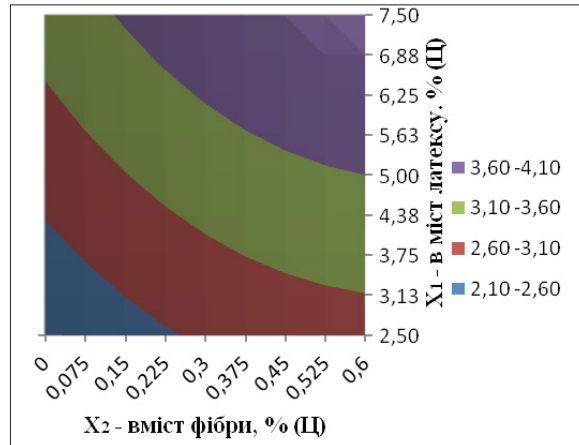


б)

**Рис. 1.** Вплив латексу та поліпропіленової фібри на рухомість СУБС (а) та на міцність при стиску (б) СУБ

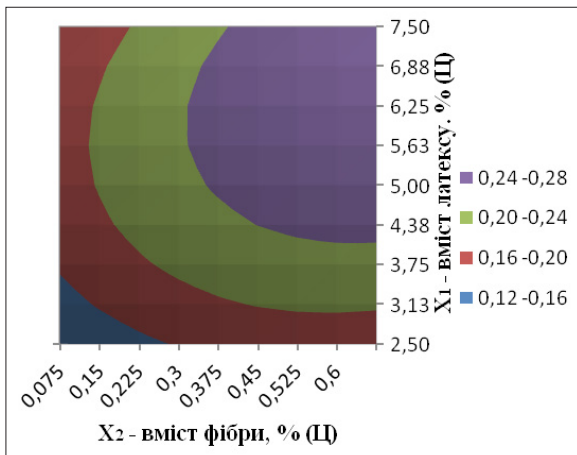


а)

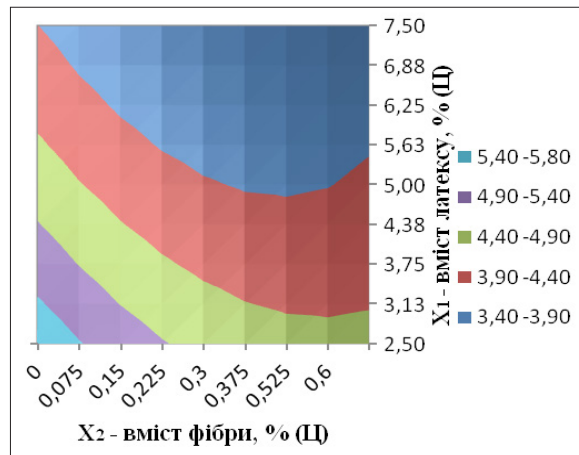


б)

**Рис. 2.** Вплив латексу та поліпропіленової фібри на міцність при згині (а) та на адгезійну міцність (б) СУБ



а)



б)

**Рис. 3.** Вплив латексу та поліпропіленової фібри на ударну міцність (а) та на водопоглинання (б) СПФБ

зійна міцність – від 2,1 до 4,2 МПа, ударна міцність від 0,10 до 0,28 Дж/см<sup>3</sup>,

Водопоглинання – від 3,53 до 6,0 %. Аналіз моделей 1-6 показує, що полімерний латекс позитивно впливає на рухомість бетонних сумішей та на міцність при згині, адгезійну міцність, ударну міцність бетону. Міцність при стиску та водопоглинання бетону при введенні латексу в бетонну суміш знижуються. Поліпропіленова фібра позитивно впливає на міцнісні показники бетону, її вплив на рухомість бетонних сумішей та на водопоглинання бетону негативний.

Аналіз діаграми 1а показує, що рецептура, яка забезпечує необхідну рухомість СУБС (РК  $\geq$  550 мм), обмежена ізолініями, що відповідають вмісту полімерного латексу 2,5-7,5% від маси цементу при вмісті поліпропіленової фібри  $\leq$  0,3% від маси цементу. Аналіз діаграм 1б та 2б показує, що міцність при стиску та адгезійна міцність бетону в цій області рецептур складає 37-41 МПа та 2,1-4,1 МПа відповідно, що згідно DIN EN 1504-3:2006 відповідає класу R3 матеріалу на цементній основі, призначеного для конструкційного ремонту бетонних конструкцій ( $f_{cm\ cube} \geq$  25 МПа,  $f_{adg} \geq$  1,5 МПа). Таким вимогам відповідає бетонна суміш складу (кг на 1м<sup>3</sup> бетону):

- портландцемент М500 – 450;
- щебінь фр. 5-10 – 940;
- пісок Мкр 1,43 – 940;

- метаколін «Мета Д» – 45;
- суперпластифікатор Adium-150 – 7,2;
- латекс Adiplast – 11,25 – 33,75;
- поліпропіленова фібра – 0,68 – 1,35;
- вода – 189.

**Висновок.** Розроблено рецептуру модифікованого самоущільнювального бетону для ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу. Досліджено вплив полімерного латексу (в межах 2,5-7,5% від маси цементу) та поліпропіленової фібри (в межах 0-0.6%) при вмісті метаколіну «Мета Д» в суміші 10% від маси цементу, вмісті суперпластифікатора «Adium-150» 1,6% від маси цементу, В/Ц=0,42. Встановлено, що полімерний латекс позитивно впливає на рухомість бетонних сумішей та на міцність при згині, адгезійну міцність, ударну міцність бетону. Міцність при стиску та водопоглинання бетону при введенні латексу в бетонну суміш знижуються. Поліпропіленова фібра позитивно впливає на міцнісні показники бетону, її вплив на рухомість бетонних сумішей та на водопоглинання бетону негативний. Встановлено, що самоущільнювальний полімерцементний фібробетон досліджуваних рецептур відповідає класу R3 матеріалу на цементній основі, призначеного для конструкційного ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій.

### Бібліографія

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков. – М.: Технопроект. – 1998. – 768 с.
2. Батраков В.Г. Модификаторы бетона: новые возможности / В.Г. Батраков // *Материалы 1-й Всерос. конф. по проблемам бетона и железобетона.* – М.: Ассоциация «Железобетон», 2001. – Кн. 1. – С. 184-209.
3. Батраков В.Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы / В.Г. Батраков // *Строительные материалы.* – 2006. – С. 4-8.
4. Ратинов В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Г.И. Розенберг М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
5. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур / П.А. Ребиндер.- М.: «Наука», 1966, с. 3-16.
6. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашикова. – М.: Изд-во Ассоциации вузов, 2006. – 368 с.
7. Саницький М.А. Самоущільнювальні бетони з комплексними органічно-мінеральними добавками / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, І.І. Кіракевич // *Сучасні бетони. Перспективи розвитку: Матеріали II Міжнар. конф.* – К.: 2010. – С. 18-22.
8. Okamura H., Ozawa K. Mix design for self-compacting concrete // *Concrete Library of the JSCE.* 1995. – № 2. – Рр. 107-120.
9. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // *Advanced Concrete Technology.* 2003. – № 1. – Рр. 5-15.
10. Модифицированные бетоны в практике современного строительства / В.Г. Батраков, С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Е.С. Силина // *Промышленное и гражданское строительство.* – 2002. – № 9. – С. 23-25.

11. Коваленко О.В. Вплив латексу та поліпропіленової фібри на властивості цементно-піщаної розчину / О.В. Коваленко, Є.Б. Мандрик // Будівельні матеріали, виробу і санітарна техніка. – 2012. – № 45 – С. 22-25.

**А.В. Коваленко**

**Современный модифицированный бетон для ремонта и реконструкции гидротехнических сооружений**

*Проанализированы современные методы создания и применения модифицированных бетонов с высокими технологическими и физико-механическими свойствами. Приведены результаты исследований свойств бетона, модифицированного поликарбоксилатным суперпластификатором, метакаолином, полимерным латексом и полипропиленовой фиброй и определены перспективы его применения в качестве материала для ремонта и реконструкции гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса.*

**A.V. Kovalenko**

**Modern modified concrete for repair and reconstruction of hydraulic structures**

*The modern state in the field of creation and application of modified concrete with high technological and physical-mechanical properties is analyzed. The results of studies of the properties of concrete modified with polycarboxylate superplasticizer, metakaolin, polymer latex and polypropylene fiber are described and prospects of its use as a material for repair and reconstruction of hydraulic structures of the water management and meliorative complex are determined.*



УДК 628.1: 626.82

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ФІЛЬТРІВ ГРУПИ ПАРАЛЕЛЬНО ПРАЦЮЮЧИХ ВОДООЧИСНИХ УСТАНОВОК

**О.В. ПЕТРОЧЕНКО**, канд. тех. наук  
Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Запропоновано інноваційний спосіб відновлення працездатності фільтрів групи паралельно працюючих водоочисних установок в системах господарсько-питного водопостачання і краплинного зрошення. Наведено наукове обґрунтування режимів відновлення фільтрів за запропонованим способом. Доведена технічна та економічна ефективність застосування нового способу.*

**Ключові слова:** питне водопостачання, краплинне зрошення, водоочисна система, водоочисна установка, фільтр, брудомісткість фільтра

**Проблема та її актуальність.** В умовах зростаючого техногенного забруднення водних джерел виникає необхідність розробки та впровадження нових більш ефективних технологій і конструкцій споруд для очистки води, у тому числі локальних водоочисних установок систем господарсько-питного водопостачання [1] та краплинного зрошення [2]. У системах водопостачання сільських населених пунктів груповими водопроводами великої протяжності вода забруднюється в процесі її транспортування [3] і потребує додаткового очищення у споживача на локальних водоочисних установках до нормативу питної води [4]. У системах краплинного зрошення локальні водоочисні установки використовують за потребою забезпечення працездатності дрібних водотоків і мікрводовипусків (крапельниць та емітерів). Допустимі для краплинного зрошення розміри завислих у воді частинок і гідробіонтів та їх концентрація регламентуються нормативним документом [5].

У металевих або пластмасових корпусах локальних водоочисних установок заводського виготовлення можуть встановлюватися різні фільтри: піщані, сітчасті, пінополістирольні, вугільні, іонообмінні, дискові, сорбційні та ін. У краплинному зрошенні частіше використовуються водоочисні установки з піщано-гравійними фільтрами, наприклад такі, що виготовляє компанія «РОСТА», м. Мелітополь [2]. У системах питного водопостачання останнім часом застосовують установки мембранної фільтрації або зворотного осмосу, в яких вихідну воду під тиском пропускають через пористі напівпроникні мембрани, що працюють як найтонші сита. Мембрани здатні затримувати дрібнодисперсні частинки (суспензії, колоїди, віруси, бактерії) і навіть більшу частину розчинених речовин.

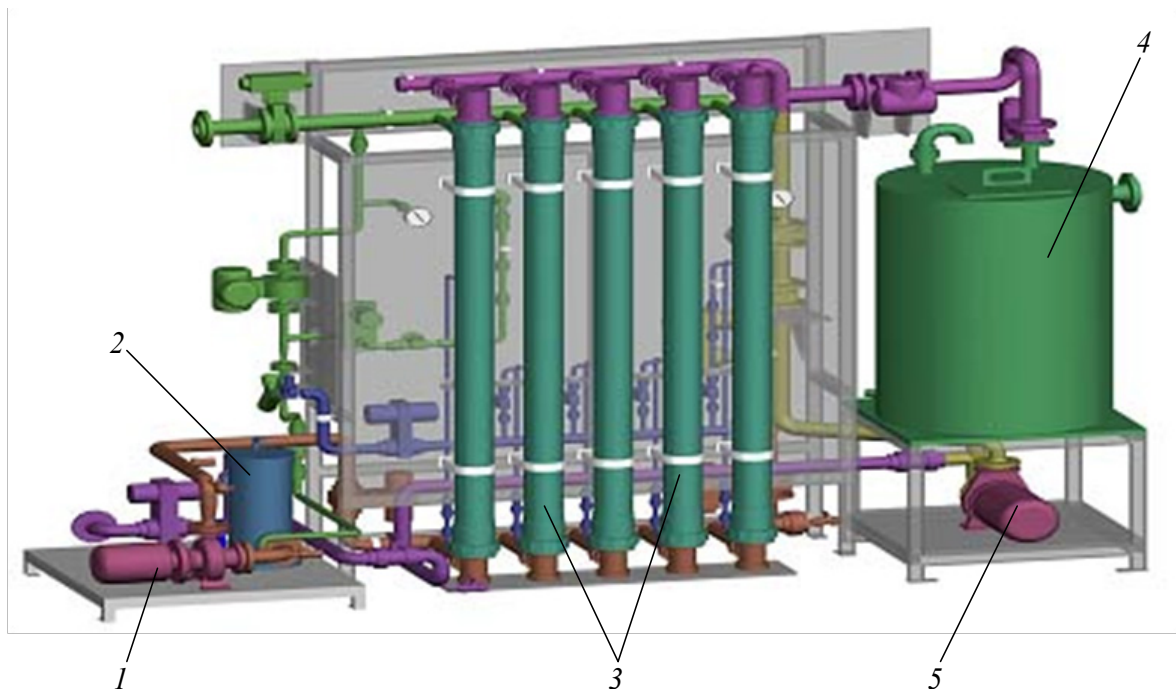
Проектування і виготовлення локальних водоочисних установок здійснюють за принципом модульності. Систему очистки води, залежно від її проектної продуктивності, виготовляють у вигляді групи (блоку) паралельно працюючих установок певного модуля, наприклад як на рис. 1.

Фільтри локальних водоочисних установок у процесі роботи забруднюються завислими у воді речовинами і потребують періодичного відновлення працездатності. Відновлення фільтрів здійснюють: шляхом їх зворотної промивки (найбільш поширений варіант); механічного очищення від бруду (струшуванням бруду з мембран); заміни відпрацьованих фільтрувальних елементів (картриджів) новими.

Для системи очистки води, що складається з групи паралельно працюючих водоочисних установок (рис. 1), зараз використовують недостатньо ефективний спосіб відновлення фільтрів, за яким на період відновлення передбачено тимчасове виведення з роботи усієї системи очистки води. Процес відновлення фільтра однієї водоочисної установки потребує виведення її з роботи на певний період часу, який залежно від конструкції установки становить 0,5-3,0 години. При цьому період часу виведення з роботи усієї водоочисної системи під час відновлення фільтрів групи установок збільшується відповідно кількості установок у групі, що негативно відбивається на техніко-економічних показниках водоочисної системи.

**Метою дослідження** є науково-інноваційне удосконалення процесу відновлення фільтрів групи паралельно працюючих водоочисних установок.

**Методика дослідження.** У дослідженнях застосовувався аналітичний метод формалізації і порівняння властивостей та параметрів технічних об'єктів.



**Рис. 1. Система очистки води з п'яти паралельно підключених порожньоволокнистих мембранних модулів Microza:**

*1 – насос для підвищення тиску вихідної води; 2 – передфільтр; 3 – блок модулів Microza; 4 – резервуар для фільтрату; 5 – насос зворотної промивки фільтрів*

**Результати дослідження.** Для досягнення мети запропоновано новий спосіб відновлення фільтрів групи паралельно працюючих водоочисних установок [6] та виконано наукові дослідження з обґрунтування його технічної і економічної ефективності. Відповідно до [6] новий спосіб відрізняється від традиційного (базового) тим, що відновлення фільтрів здійснюють не одночасно для усієї групи водоочисних установок, а окремо для кожної установки в кінці забруднення її фільтра, не припиняючи процес очистки води на інших установках. При цьому відновлення фільтра кожної наступної установки починають в кінці забруднення фільтра, але через певний проміжок часу після закінчення відновлення фільтра попередньої установки.

На рис. 2а наведено водоочисну систему у вигляді групи чотирьох паралельно працюючих установок, у яких відновлення фільтрів здійснюють шляхом зворотної промивки, а на рис. 2б – графіки витрат води водоочисної системи за базовим (традиційним) і новим способом відновлення фільтрів.

За базовим способом передбачено одночасне відновлення усіх фільтрів групи паралельно працюючих установок, припиняючи на деякий час роботу водоочисної системи,

що є основним недоліком способу. Для схеми на рис. 2а недолік базового способу стає очевидним під час сумісного аналізу графіка 17 (рис. 2б) витрати води (подачі фільтрату протягом фільтроциклу) однією установкою і графіка 18 витрати води групою установок.

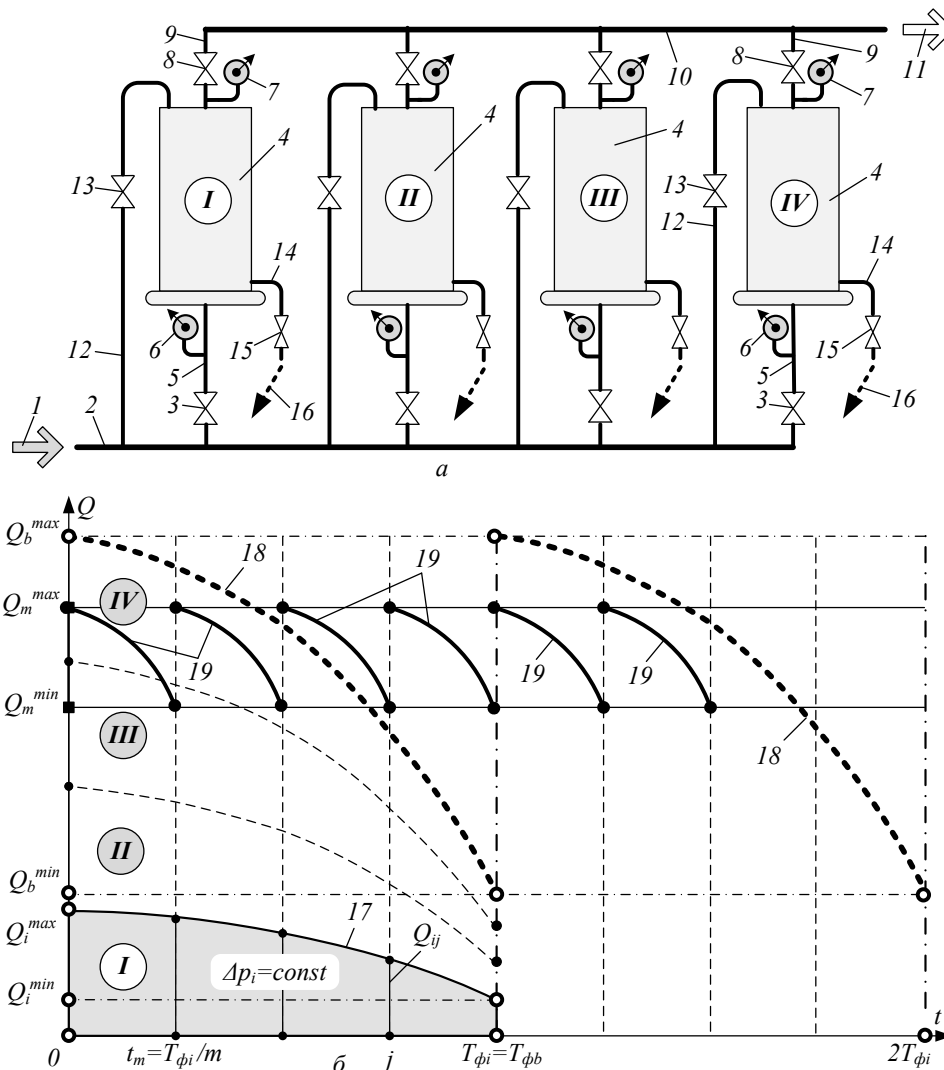
При забезпеченні постійного напору води  $\Delta p_i = \text{const}$  протягом фільтроциклу тривалістю  $T_{\phi i}$  витрата води на одній ( $i$ -й) установці внаслідок забруднення фільтрувальних елементів зменшується від  $Q_i^{\max}$  на початку фільтрування до  $Q_i^{\min}$  в кінці фільтроциклу. Розбіжність  $\Delta Q_i$  між максимальною  $Q_i^{\max}$  і мінімальною  $Q_i^{\min}$  витратами води однієї  $i$ -ї установки становить:

$$\Delta Q_i = Q_i^{\max} - Q_i^{\min}. \quad (1)$$

З огляду на ідентичність фільтраційних характеристик усіх установок, виготовлених за принципом модульності, тривалість  $T_{\phi b}$  фільтроциклу групи установок збігається з тривалістю фільтроциклу  $T_{\phi i}$  однієї установки ( $T_{\phi b} = T_{\phi i}$ ), а ординати графіка 18 визначають шляхом збільшення ординат графіка 17 відповідно кількості установок у групі:

$$Q_b^{\max} = b Q_i^{\max}; \quad (2)$$

$$Q_b^{\min} = b Q_i^{\min}, \quad (3)$$



**Рис. 2. Система з чотирьох паралельно працюючих водоочисних установок та її фільтраційні характеристики за базовим і новим способами відновлення фільтрів:**

*a* – схема водоочисної системи; *б* – графіки витрати води залежно від варіантів відновлення фільтрів; 1 – вихідна вода; 2 – труба подачі вихідної води; 3 – вентиль; 4 – водоочисна установка; 5 – труба подачі води у водоочисну установку; 6 і 7 – манометр; 8 – вентиль; 9 – труба відведення води з водоочисної установки; 10 – труба подачі очищеної води; 11 – очищена вода; 12 – трубопровід подачі промивної води; 13 – вентиль; 14 – патрубок; 15 – вентиль; 16 – відведення забрудненої промивної води; 17 – графік витрати води в *i*-й водоочисній установці протягом фільтроциклу  $T_{\phi i}$  при постійному напорі  $\Delta p_i$ ; 18 і 19 – графіки витрати води групи установок при базовому і новому способах відновлення фільтра

де  $Q_b^{max}$  і  $Q_b^{min}$  – максимальне і мінімальне значення загальної витрати води (виходу фільтрату) для групи установок за базовим способом відновлення фільтрів,  $m^3/c$ ;  $b$  – кількість установок з використанням базового способу.

З графіка 18 та рівнянь (2) і (3) неважко встановити, що розбіжність  $\Delta Q_b$  між макси-

мальною  $Q_b^{max}$  і мінімальною  $Q_b^{min}$  витратами води групи установок за базовим способом відновлення фільтрів становить:

$$\Delta Q_b = Q_b^{max} - Q_b^{min} = b(Q_i^{max} - Q_i^{min}) = b \Delta Q_i. \quad (4)$$

Тобто за базовим способом зі збільшенням кількості  $b$  водоочисних установок розбіж-

ність  $\Delta Q_b$  збільшується пропорційно збільшенню  $b$  і може досягати досить великих значень. Під час проектування в основу розрахунків необхідної кількості  $b$  установок за базовим способом відновлення фільтрів приймаються витрати води  $Q_{np}$ ,  $Q_i^{min}$  і  $Q_b^{min}$ , які знаходяться у співвідношенні:

$$b = \left\lceil \frac{Q_{np}}{Q_i^{min}} \right\rceil \leq \frac{Q_b^{min}}{Q_i^{min}}, \quad (5)$$

де  $Q_{np}$  – витрата води, на яку розраховують проект водоочисної системи,  $m^3/c$ ;  $\lceil \dots \rceil$  – математичний символ округлення числа до цілого в більшу сторону.

Нескладно встановити, що для забезпечення необхідної розрахункової витрати води  $Q_{np}$  потрібна значна кількість  $b$  установок, оскільки розрахунок  $b$  за формулою (5) здійснюють за величиною  $Q_i^{min}$ . Візуальний аналіз графіків 17 і 18 показує, що при  $b = 3 \dots 5$  мінімальна витрата води  $Q_b^{min}$  блоку установок, яку необхідно закладати в основу проектування системи, незначно відрізняється від максимальної витрати води  $Q_i^{max}$  однієї установки.

За новим способом процес відновлення фільтра кожної наступної установки починають після закінчення процесу відновлення фільтра попередньої установки через інтервал часу:

$$t_m = T_{\phi i} / m, \quad (6)$$

де  $m$  – кількість установок за новим способом відновлення фільтрів.

На рис. 2б наведено графік 19 загальної витрати води групи установок за новим способом відновлення фільтрів. Характерними є верхні і нижні вузлові точки графіка 19, ординати  $Q_m^{max}$  і  $Q_m^{min}$  яких визначають за формулами:

$$Q_m^{max} = \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{min}; \quad (7)$$

$$Q_m^{min} = \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{max}, \quad (8)$$

де  $Q_{ij}$  – ордината графіка 17 для  $i$ -ї установки в кінці  $j$ -го інтервалу ділення періоду часу  $T_{\phi i}$ ,  $m^3/c$ .

Відповідно до формул (7) і (8) розбіжність  $\Delta Q_m$  між максимальною  $Q_m^{max}$  і мінімальною  $Q_m^{min}$  витратою води групи установок за новим способом відновлення фільтрів становить:

$$\Delta Q_m = Q_m^{max} - Q_m^{min} = Q_i^{max} - Q_i^{min} = \Delta Q_i. \quad (9)$$

Відповідно до формул (4) і (9) відношення розбіжності  $\Delta Q_b$  за базовим способом до розбіжності  $\Delta Q_m$  за новим способом становить:

$$\frac{\Delta Q_b}{\Delta Q_m} = \frac{b \Delta Q_i}{\Delta Q_i} = b. \quad (10)$$

Шляхом порівняння графіка 19, побудованого за умови  $m=b$  (на рис. 2  $m=b=4$ ), з графіком 18 візуально простежується перевага нового способу відновлення фільтрів перед базовим, яка полягає в суттєвому зменшенні розбіжності  $\Delta Q_m$  між  $Q_m^{max}$  і  $Q_m^{min}$  порівняно з розбіжністю  $\Delta Q_b$  між  $Q_b^{max}$  і  $Q_b$ .

Таким чином, основною перевагою нового способу відновлення фільтрів, порівняно з базовим, за техніко-експлуатаційними показниками є забезпечення більш рівномірної фільтраційної характеристики водоочисної системи, а також можливість відновлювати фільтри паралельно працюючих установок при забезпеченні невинної роботи усієї системи очистки води.

Для обґрунтування економічної ефективності нового способу відновлення фільтрів постає потреба визначення необхідної кількості  $m$  установок за новим способом та порівняння її з кількістю  $b$  за новим способом за умови забезпечення однакової, як із застосуванням базового, так і нового способу відновлення фільтрів, проектної витрати води  $Q_{np}$  водоочисної системи.

Необхідну кількість  $b$  водоочисних установок для забезпечення проектної витрати води  $Q_{np}$  системи із застосуванням базового способу відновлення фільтрів визначають із співвідношення (5).

Із застосуванням нового способу відновлення фільтрів необхідну кількість  $m$  водоочисних установок визначають за умови:

$$Q_m^{min} \geq Q_{np}. \quad (11)$$

Після підстановки в умову (11) значення  $Q_m^{min}$  з (8) маємо:

$$\left( \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{max} \right) \geq Q_{np}. \quad (12)$$

Для визначення необхідної кількості  $m$  водоочисних установок умову (12) запишемо у вигляді співвідношення:

$$\left[ \frac{\sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{max}}{Q_{np}} \right] = 1. \quad (13)$$

За співвідношенням (13) параметр  $m$  може бути визначений методом послідовного перебору. Для цього використовують графік 17. Фільтрацикл тривалістю  $T_{\phi i}$  розбивають на  $m$  рівних частин. У кожній  $j$ -й точці ( $j=1, (m+1)$ ) ділення  $T_{\phi i}$  з графіка 17 визначають ординату  $Q_{ij}$ . Далі послідовним перебором кількості

установок  $m$  визначають  $m$ , що відповідає співвідношенню (13).

З огляду на складність визначення методом послідовного перебору кількості установок  $m$ , для спрощених розрахунків пропонується формула:

$$m = \left\lceil \frac{2Q_{\text{пр}}}{Q_i^{\text{min}} + Q_i^{\text{max}}} \right\rceil. \quad (14)$$

Формула (14) складена на основі припущення щодо лінійного характеру графіка 17. Оскільки графік 17 є опуклим, то кількість установок  $m$ , розрахована за формулою (14), буде не меншою кількості установок, визначеної за методом послідовного перебору параметра  $m$  за співвідношенням (13), що забезпечить підвищення надійності роботи водоочисної системи.

Економічний ефект від застосування нового способу відновлення фільтрів водоочисної системи з групи паралельно працюючих установок складає:

$$E = K_1 (b - m), \quad (15)$$

де  $K_1$  – капітальні витрати на придбання та монтаж однієї водоочисної установки, тис. грн.;  $b$  – кількість установок за базовим способом, яку визначають за співвідношенням (5);  $m$  – кількість установок за новим способом, яку визначають із співвідношення (13) або за формулою (14).

**Висновки.** Унаслідок низької якості води в системах сільського господарсько-питного водопостачання та краплинного зрошення

виникає потреба доочищення вихідної води в місцях її споживання на паралельно працюючих локальних водоочисних установках, фільтри яких у процесі роботи забруднюються і потребують періодичного відновлення працездатності.

За традиційним способом відновлення фільтрів паралельно працюючих водоочисних установок здійснюють одночасно, припиняючи на певний період часу роботу усієї групи, що є основним недоліком традиційного способу.

Запропонований спосіб відновлення фільтрів групи паралельно працюючих водоочисних установок відрізняється тим, що відновлення фільтрів здійснюють не одночасно для усієї групи установок, а окремо для кожної установки в кінці забруднення її фільтра, не припиняючи процес очистки води на інших установках групи.

Перевагою нового способу відновлення фільтрів водоочисних установок, порівняно з традиційним, за техніко-експлуатаційними показниками є забезпечення більш рівномірної фільтраційної характеристики групи водоочисних установок та можливість відновлення фільтрів окремих установок при забезпеченні безперервної роботи усієї групи.

Економічна ефективність нового способу відновлення фільтрів полягає в можливості зменшення кількості паралельно працюючих установок групи та зменшенні капітальних витрат на придбання та монтаж групи установок.

### Бібліографія

1. Журба М.Г. Подготовка воды для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения / М.Г. Журба // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – №2. – С. 10-13.
2. Пастухов В.І. Підготовка води для краплинного зрошення // В.І. Пастухов, В.В. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. Вип. 13, т. 3. – С. 129-133.
3. Хоружий П.Д. Аналіз роботи Західного групового водопроводу Запорізької області / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко // Водне господарство України. – 2012. – №5. – С. 27-30.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом МОЗУ 12.09.2010, №400. Зареєстровано в МІОУ 1.07.2010, №452/17747.
5. ДСТУ 7591 : 2014. Національний стандарт України. Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії. Затверджені Мінекономрозвитку України від 2.11.2014, № 1430.
6. Патент України на корисну модель №1055190. Спосіб очистки води на паралельно працюючих фільтрувальних установках в системах водопостачання / О.В. Петроченко – Опубл. 10.03.2016, бюл. № 5.

**А.В. Петроченко**

### Совершенствование процесса восстановления фильтров группы параллельно работающих водоочистных установок

Предложен инновационный способ восстановления работоспособности фильтров группы параллельно работающих водоочистных установок систем хозяйственно-питьевого водос-

*набження и капельного орошения. Приведено научное обоснование режимов восстановления фильтров по предложенному способу. Доказана техническая и экономическая эффективность применения нового способа.*

**A.V. Petrochenko**

**Improvement of the process of restoration of filters of a group  
of water purification plants connected in parallel**

*An innovative method for restoring the working capacity of filters of a group of parallel water treatment plants for drinking water supply and drip irrigation systems is proposed. The scientific substantiation of regimes of filter restoration according to the proposed method is given. The technical and economic efficiency of the new method is proved.*

## ЗМІСТ

## ВОДНІ РЕСУРСИ

<b>Romashchenko M.I., Shevchenko A.M., Lyutnytskyi S.M.</b> State and ways of enhancing the water supply of the southern region of Ukraine by using the water resources of the Danube river.....	3
<b>Ромащенко М.І., Шевченко А.М., Лютницький С.М.</b> Стан та шляхи підвищення водозабезпеченості південного регіону України водними ресурсами річки Дунай .....	12
<b>Власова О.В., Шевченко А.М., Боженко Р.П.</b> Оцінювання запасів прісної води півдня України.....	22
<b>Бабій П.О., Вишневський В.І.</b> Промивка водосховищ на р. Рось як засіб поліпшення якості води .....	28
<b>Яцик А.В., Гопчак І.В., Басюк Т.О.</b> Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Гапа .....	35
<b>Шевчук С.А., Козицький О.М., Вишневський В.І.</b> Сучасний стан озера Алмазне та заходи з його екологічного оздоровлення.....	39
<b>Сизоненко Г.А.</b> Дослідження вартості спожитої електроенергії в системах водопостачання з підземних джерел при зміні коефіцієнта зонування і дії багатозонних тарифів.....	46

## АГРОРЕСУРСИ

<b>Тараріко Ю.О., Мельничук А.О., Лукашук В.П.</b> Оптимізація галузевої структури агроecosystem на меліорованих землях правобережного Полісся.....	51
<b>Чмель О.П.</b> Еколого-агрохімічні аспекти хімічної меліорації у сполученні із сидерацією на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся.....	57

## ЗРОШЕННЯ – ОСУШЕННЯ

<b>Яцик М.В., Воропай Г.В., Кіка С.М.</b> Досвід та перспективи вирощування високопродуктивних кормових культур (пайзи, амаранту та кормових бобів) на осушуваних землях в умовах змін клімату.....	61
<b>Коломієць С.С., Пилипчук І.М.</b> Екологічно збалансоване використання осушуваних торфовищ у меліоративному землеробстві.....	67
<b>Мозоль Н.В.</b> Регулювання водного режиму ґрунтів на масивах із локальним розвиненим мікрорельєфом.....	71
<b>Дехтяр О.О., Брюзгіна Н.Д.</b> Сучасний стан та досвід відновлення зрошення в Румунії.....	76
<b>Забуга А.О.</b> Особливості та проблеми регулювання водного режиму ґрунтів на осушуваних землях за сучасних напрямів їхнього використання.....	81
<b>Турченко В.О., Фроленкова Н.А., Тимейчук О.Ю., Рокочинський А.М.</b> Еколого-економічне оцінювання проектів реконструкції рисових зрошувальних систем та їхньої загальної ефективності.....	88

## ГІДРОТЕХНІКА

<b>Коваленко О.В., Юзюк О.Ю.</b> Вплив рецептури на властивості самоущільнювального бетону.....	94
---	----

<b>Петроченко В.І.</b> Методика визначення оптимальних розрахункових величин забезпеченості паводків на стадії проектування протипаводкових систем.....	99
<b>Коваленко О.В.</b> Сучасний модифікований бетон для ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд.....	107
<b>Петроченко О.В.</b> Удосконалення процесу відновлення фільтрів групи паралельно працюючих водоочисних установок .....	113



---

## НОТАТКИ

**Наукове видання**

**Меліорація**  
*і водне господарство*

*Випуск 105*

**Міжвідомчий тематичний  
науковий збірник  
Заснований у 1965 році**

Редактор – Т.І. Трошина  
Коректор – Н.В. Логунова

Підписано до друку 31 березня 2017 року.  
Формат 64х90/8. Гарнітура Times New Roman.  
Папір офсет. Цифровий друк.  
Ум.-друк. арк. 14,18. Обл. вид. арк. 9,49.  
Замов. № 1217-14. Наклад 100 прим.

Видавничий дім «Гельветика»  
73034, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а, офіс 105  
Телефон +38 (0552) 39-95-80  
E-mail: [mailbox@helvetica.com.ua](mailto:mailbox@helvetica.com.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 4392 від 20.08.2012 р.