

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

МЕЛІОРАЦІЯ І ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО

Випуск 104

*Міжвідомчий тематичний
науковий збірник*

Київ

2016

УДК 631.67:631.62:626.8:691.175:699.8

Засновник – Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України. Свідectво 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 6 жовтня 2016 року (протокол № 14).

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., акад. 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., акад. 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 Georgofili (*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. НАН (*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., с.н.с.
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

© Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2016

UDK 502.1

HYDROMORPHOLOGICAL ASSESSMENTS AT THE IRPIN RIVER – METHODOLOGICAL HINTS AND FIRST FINDINGS

M. HOFFMANN, Doctor of Natural Sciences

A.F. SALIUK

Institute of water problems and land reclamation NAAS

Practical hints are given to ease the planning and implementation of habitat assessments in terms of hydromorphological elements as described in the WFD. A reach of the r. Irpin, located between 2 impoundments, was classified as partly moderate and partly good

Keywords: hydromorphological assessment, WFD, Irpin River, meander migration, HMWB

Background information. The implementation of the Water Framework Directive (WFD [1]) in Ukraine creates a big amount of problems including lack of sufficient funding and technical and scientific questions of its practical realisation. As a consequence, officially monitored data related to the chemical water quality are still insufficient and results of hydromorphological assessments and regular WFD-compatible hydrobiological investigations are even missing or restricted to random investigations. So far, assessments of the hydromorphological *elements* have been applied only at a few selected rivers as, for example, at the Kyiv City Rivers [2] and the Tisza River and its tributaries [3].

Methods. For the methodological approach instructions are given in the WFD and more detailed in the related CIS Guidance Documents EN 14614:2004 “Water Quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers”, and EN 15843:2010 “Water quality – Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology”. This includes, among others, the initial characterisation of the type of water-bodies [4], reference conditions and a description of the river (applying “system A” or “.. B”) as lined out in the WFD.

For the hydromorphological classification further decisions are made to determine the optimal investigation approach. In particular, it is possible to support and complete field investigations by aerial and satellite imagery and by GIS-based eco-hydrological modelling. For the here described assessments, a 5.6 km long reach of the Irpin River between Didiyshchyna and Tomashivka (Kyiv Oblast) was selected. Before beginning with field observations (in July 2015), Google Earth has been used to register first characteristics related to river course, vegetation

on the river bank, in its proximity and land uses in the river valley. Besides, Google Earth provided the possibility to compare landuse changes over the years. SRTM imagery [5] was used to determine topography and possible location of water resources, Landsat 8 satellite imagery [6] to register spreading of impoundments and wetlands.

The final results have been integrated into a GIS and GIS-based modelling to better recognise the context with anthropogenic impacts like the change of water flow in the river basin, changes of impoundment sizes, erosion risks and land uses that have been mapped earlier. Maps were also used to more accurately determine the meander migration rate being important for the classification (method described in [12]).

Hydromorphological elements that should be investigated *in support of the biological elements* (WFD) can be summarised into 6 main groups that have been investigated as indicated in table 1.

The article has its focus on field investigations being the main and most accurate information source. A rough literature review has shown that the methods used in various EU member states are only slightly different. The German system, described hereinafter, is just an example. It uses 25 parameters for each 100-meter section of a water body that can be aggregated to 6 main parameter groups, like channel development (e.g. meandering, longitudinal profile, cross profile, sole and bank structures, river surrounding). To ease the investigations, a protocol was prepared on the basis of the German Guidance Document (LAWA [9]). The protocol section concerning river course and profiles is shown in figure 1. It contains text and graphical elements to ease the choice of answers. For the final ranking a MS Access program [10] was

used that differentiates 7 classes; for a preliminary assessment and comparisons, these classes have been converted into 5, similar to the scheme used in [11].

1. Main groups of hydromorphological elements (left) [7] and methodological approach (r.h.s.)

Quantity and dynamics of water flow	Analysis of river discharge data (station Yablunivka) and SWAT modelling results
Connection to groundwater bodies	Measurement of groundwater levels in 6 village wells, calculations based on topography [8]
River continuity	Use of Google maps, field visit
River depth and width variation	On-site investigation
Structure and substrate of the river bed	On-site investigation
Structure of the riparian zone	On-site investigation

Protocol

General information

river code	river name	section length
date	investigator	remarks

Development of river course

course curvature



☐ meander
☐ winding
☐ strongly swinging
☐ moderately swinging
☐ poorly swinging
☐ stretched
☐ straight-lined

erosion due to curvature:

☐ frequent strong
☐ few strong
☐ often weak
☐ singular weak
☐ no

longitudinal banks

☐ many ☐ several
☐ 2 ☐ 1 ☐ beginnings

special structures as driving wood, fallen trees, islands, narrowing, forking

☐ many ☐ several ☐ 2 ☐ 1 ☐ beginnings ☐ no

Longitudinal profile

crosswise transverse buildings	damming up	☐ strong ☐ moderate ☐ weak ☐ no
pipework (%)	transverse banks	☐ many ☐ several ☐ 2 ☐ 1 ☐ beginnings ☐ no
current diversity	depth variety	☐ very strong ☐ strong ☐ moderate ☐ weak ☐ no

Transverse profile

profile type

☐ natural profile
☐ nearly natural profile
☐ erosion profile
☐ varying
☐ erosion profile, deep
☐ trapeze, double trapeze
☐ V profile, right angle profile

profile depth

☐ very shallow
☐ shallow
☐ moderately deep
☐ deep
☐ very deep

width variety ---->

(very big, big, moderate, poor, no)



passages:

☐ ripples
☐ no sediment
☐ bank interruption
☐ pools

width erosion

☐ strong
☐ weak
☐ no

Fig. 1. First part of a field protocol for hydromorphological assessments (mainly derived from [8])

Research results. The final results of hydromorphological classification are presented in figure 2; individual monitoring results have been

composed exemplary in table 2. As outlined earlier the focus of the hydromorphological assessments is on the river channel and nearby

habitat structures. It is obvious that the river course has been changed in the first km section beginning at the weir in Didivshchyna while thereafter the river meanders downstream until it reaches the next impoundment near Tomashiv-

ka. This is one of the main reasons why the ecological potential of the river reach was classified as moderate (white/black striped on figure 2) and further downstream as good (white colour).



Fig. 2. Hydromorphological classification of the river reach between Didivshchyna and Tomashivka, Kyiv Oblast (colour codes: striped line – moderate, solid white line – good potential)

2. Extract of results logged during on-site investigation

General information			
Date	15.07.2015	15.07.2015	15.07.2015
Section code	2	8	20
Section length	100-200 (100m)	800-900 (100m)	4000-4200 (200m)
Development of river course			
Course curvature	poorly swinging, no erosion due to curvature	moderate swinging, singular weak erosion due to curvature	winding, strong erosion due to curvature
Longitudinal banks	no	no	no
special structures (driving woods, fallen trees, island, narrowing, forking, etc)	2	several	few

Продовження табл. 2

Longitudinal profile			
Current diversity	weak	moderate	strong
Damming up	no	no	no
Transverse banks	no	no	no
Depth variety	no	moderate	moderate
Transverse profile			
Profile type	wide trapezoid	nearly natural profile	nearly natural profile
Profile depth	very shallow	shallow	moderately deep
Width variety	weak	moderate	strong
Passages	not detected; no width erosion	pools; no width erosion	pools; weak width erosion
River bed structures			
Substrate	sand	sand	sand
Artificial structures	no	no	no
Extraordinary structures (high current velocity, pools, back flowing, wooden matter, detritus, root squares, macrophytes, cascades)	no	several	partly
Substrate diversity	weak	weak	weak
Bank structures			
Bank vegetation	reed, bushes, meadow	natural bushes, high growing herbs, meadows	natural bushes, high growing herbs, meadows
Special structures	few	no	no
Constructions	stones	no	no
Nearby river valley/flood plain			
Type of use	houses, gardens	agriculture, gardens	forest, gardens
Natural biotopes in %; (L-l.h.s.; R- r.h.s.)	L:<10-50, R:10-50	L:<10-50, R:>10-50	L:10-50, R:>50
Unused land, %	L:<10-50, R:>50	L:10-50, R >50	L:>50, R: >50
Grassland, %	L:10-50, R:>50	L:<10-50, R:>50	L:<10-50, R:>50
Fields, gardens, forest, %	L:<10-50, R:<10-50	L:10-50, R:<10-50%	L:10-50, R:>50

Agricultural landuse is unevenly distributed in the subbasin. As can be seen on figure 3 and 4, the share of forest has decreased during the

last 22 years, while settlements have grown. A rough overview of landuse shares in the investigated subbasin is given in table 3.

3. Percentage shares of landuse in the selected Irpin River subbasin

	Landuse	ha	%
1	Subbasin	174329	100
2	Agriculture	~ 115057	~ 66
3	Forest	32298	18.5
4	Settlements	23779	13.6
5	Lakes and impoundments	1748	1.0
6	Wetlands	1014	0.6

66% of the landcover could not further be classified and must be considered as agricul-

tural landuse mainly consisting in meadows and crop fields. The two Google Earth images

(fig. 3 and 4) suggest however that the share of pastures has significantly decreased over the last 22 years (1992-2015).



Fig. 3. Google Earth image taken on December 1992, converted to black and white colour
The starting point of the investigated reach (in the image centre) is marked with "A" (coordinates: UTM (35) 5'559'083 mE; 698'224 mN), the end point is "B" (UTM (35) 5'561'150 mE; 700233 mN), height difference ca. 5m. Forests are in dark gray or black colour, agricultural areas in white or light gray, villages are speckled.



Fig. 4. Google Earth image taken on December 2015; coordinates as in figure 3

Conclusions. The river reach between Didivshchyna and Tomashivka (Kyiv Oblast) did not include the existence of the nearby weirs and impoundments upstream and downstream of the section. When considering a bigger part of the Irpin, it is obvious that the river, according to the WFD, must be considered already as *heavily modified water body* ("HMWB"), mainly because of the interruption of the longitudinal continuity. Frequency of weirs and impoundment sizes by far exceed the tolerable level: the distance between impoundments should be at least 10 km, their length not more than 300 m, but some of them reach several kilometers. As a consequence the natural sediment transport ca-

capacity is strongly reduced, leading to sedimentation of inorganic and organic materials, oxygen depletion in deeper water layers, methane formation and impacts on biodiversity. Migration of fish and aquatic insects up and downstream are restricted. Resulting ecological pressures and ways of their avoidance are also described in Guidance Documents as in [13, 14] and in other literature [15, 16, 17].

Additional problems and risks of reaching a good ecological potential or status are due to the high share of agricultural land use in several subbasins while buffer zones are rather small or sometimes missing.

References

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та визначення. Переклад з англ. В. Лозанського. – К., 2006. – 240 р.
2. Хоффманн, М., Раков, В. Определение экологического состояния малых рек в черте г. Киева в соответствии с европейской водной рамочной директивой. Гидробиологический Журнал 42, 5ж, 2006; УДК 556.114:576.63+546.76; р. 46-56.
3. Ободовський О. Г. Гідроморфологічна оцінка якості річок басейну Верхньої Тиси / Ободовський О. Г., Ярошевич О. Є. — К. : Інтертехнодрук, 2006. — 70 р.
4. European Communities Guidance Document No. 4 – *Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies*, 2003
5. USGS Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); [online]: <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>
6. USGS Landsat Missions; [online] <http://landsat.usgs.gov/>
7. European Communities Guidance Document No.10. *Rivers and Lakes – Typology, Reference Conditions and Classification Systems*, 2003
8. Haitjema, M. and Mitchell-Bruker, S. Are Water Tables a Subdued Replica of the Topography? *GROUND WATER* 43, 6, 2005, p.781–786
9. Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Gewässerstrukturguetekartierung in der Bundesrepublik Deutschland – Ed. Kulturbuch; 1998; ISBN-10: 3889612334
10. Bay. Landesamt fuer Wasserwirtschaft MS Access program GSK-Eingabe version 1.4c; 2002
11. Руденко, Л.Г., Разов, В.П., Жукинський, О.П. и.д. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води, 1998– ISBN 966-95095-3-X
12. Hickin, E.J. and Nanson, G.C. Lateral migration rates of river bends - *Journal of Hydraulic Engineering* 110, 1984, p. 1557–1567
13. WFD Guidance Document N° 30 - *Procedure to fit new or updated classification methods to the results of a completed intercalibration exercise- Techn. Report 2015 -08, 33 p.*
14. UK Tech. Advisory Group *Guidance on Morphological Alterations and the Pressures and Impacts Analyses (Final Working Paper)*, 2003; [online] http://www.wfduk.org/sites/default/files/Media/Characterisation%20of%20the%20water%20environment/Morphological%20alterations%20and%20the%20pressures%20and%20impact%20analyses_Draft_251103.pdf
15. Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research. *Management Strategies and Mitigation measures required to Deliver the Water Framework Directive for Flood Defence Impoundments.* – Project WFD76; edition SNIFFER 2007
16. Lejon, A. G. C., Malm Renöfält, B., and Nilsson, C. Conflicts associated with dam removal in Sweden. *Ecology and Society* 14(2): 4; 2009 [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art4/>

17. WFD and Hydromorphological Pressures -Technical Report; November 2006. [online] https://circabc.europa.eu/sd/a/68065c2b-1b08-462d-9f07-413ae896ba67/HyMo_Technical_Report.pdf

М. Хофман, А.Ф. Салюк

Оцінка гідроморфологічного стану р. Ірпінь: методичні підходи та результати

У статті наведено методичні підходи та практичні результати оцінки гідроморфологічного стану ділянки р. Ірпінь, згідно положень ВРД ЄС. За наведеною методикою стан ділянки річки, яка розташована поміж двох штучних водоймищ, оцінено як частково добрий та задовільний.

М. Хофман, А.Ф. Салюк

**Оценка гидроморфологического состояния р. Ирпень:
методические подходы и результаты**

В статье приведены методические подходы и практические результаты оценки гидроморфологического состояния участка р. Ирпень, согласно положениям ВРД ЕС. Согласно приведенной методике состояние участка реки оценено как частично хорошее и удовлетворительное.

УДК 504.4.06;504.53.06

ВОДНИЙ БАЛАНС ЯК ФОРМА СЦЕНАРІЮ УПРАВЛІННЯ ВИКОРИСТАННЯМ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

Ю.О. МИХАЙЛОВ, д-р. тех. наук,
А.М. ШЕВЧЕНКО, канд. с.-г. наук,
Ю.Ю. ДАНИЛЕНКО, канд. тех. наук,
С.М. ЛЮТНИЦЬКИЙ

Інститут водних проблем і меліорації НААН

В.О. БОГАЄНКО, канд. тех. наук
Інститут кібернетики НАНУ

Запропоновано метод підготовки сценаріїв управління використанням водних ресурсів на зрошуваних землях. На підставі розгляду інтегрованого управління використанням водних ресурсів, як процесу збалансування забору води на об'єкти планування з її подальшим споживанням за вимог мінімізації технологічно обґрунтованих фільтрації та скиду, в основу сценарного управління покладено балансовий принцип, згідно з яким формою вираження сценаріїв є водогосподарські баланси. Методичний підхід передбачає оцінювання поточного стану водних ресурсів на підставі складання поточних водогосподарських балансів та визначення відповідних показників водокористування, встановлення сталих тенденцій зміни останніх від чинників, що їх обумовлюють.

Ключові слова: водні ресурси, водний баланс, водокористування, сільська територія, сценарне управління

Постановка та стан проблеми. Ефективне управління використанням водних ресурсів є надзвичайно важливим чинником забезпечення економічного та соціального розвитку країни, збереження її природного середовища. Проблема особливо актуальна для аграрного сектора України. Розвиток сільськогосподарства, з одного боку, значною мірою залежить від наявності й якості водних ресурсів, особливо за сучасних змін клімату, з іншого боку, спричиняє додатковий антропогенний тиск на водні ресурси та екосистеми, що потребує розроблення методів управління цим життєво важливим ресурсом.

Управління, як технологічний процес, складається з прогнозування змін стану об'єкта (процесу) управління на дії суб'єкта управління, формування суб'єктом плану адекватного реагування на такі зміни у вигляді графіків управління основними технологічними процесами, контролю результатів управління з можливістю коригування методу прогнозування або складання плану.

При розробці управлінських рішень достатньо широкого застосування набув метод сценаріїв, який дає можливість оцінити найбільш вірогідний хід розвитку подій і можливі наслідки прийнятих рішень. Сценарій не є прогнозом чи передбаченням, це сукупність варіантів можливого розвитку ситуації в майбутньому та спроба встановити послідовність подій, що їх зумов-

люють, і зв'язків, унаслідок яких дані події можуть відбуватися.

Сценарій є одним з інструментів, які допомагають включити в процес планування чинник невизначеності майбутніх подій. Сценарій – це правдоподібний і часто спрощений опис можливих шляхів майбутнього розвитку на основі узгодженого і внутрішньо пов'язаного набору припущень по відношенню до рушійних сил і ключових взаємозв'язків [1].

Сценарний підхід запропоновано у 1964 р. Берже, який представив концепцію сценарного планування як нового методу прогнозування [2]. Найбільше застосування він знайшов у стратегічному плануванні розвитку компаній. Так, М. Ліндгрєн і Х. Бандхольд [2] вважають сценарне планування поєднанням сценарного аналізу і стратегічного планування, спрямованим на систематичне вивчення альтернативних напрямів розвитку зовнішнього оточення та наслідків. Сценарне планування здебільшого розглядається як інструмент управління, зокрема стратегічного планування, або як управлінська модель.

Що стосується природних процесів, то для них теж можна скористатись термінологією сценарного підходу. Відомо, що процеси, в яких задіяні природні чинники (опаді, випаровування тощо), за своїм результатом є часто непередбачуваними. Тобто, з певною

вірогідністю можна стверджувати, що бажаний результат може бути досягнутий за умов зміни відомих змінних, але майже неможливо передбачити, коли і де конкретно ці зміни відбудуться.

Природні процеси та їх результат, з позиції суб'єкта, що за ними спостерігає, протікають безальтернативно, але їх прогнозування вимагає розгляду вірогідних напрямів розвитку з різними результатами.

Сценарій є способом аналізу складних процесів, де задіяна множина чинників, які у складній варіації впливають один на одного, що в повній мірі відноситься до формування водних ресурсів сільських територій та їх водного балансу. Тому найбільш доцільним є превентивне управління використанням водних ресурсів за наперед розробленими сценаріями.

Останніми роками сценарний підхід все ширше застосовують при вирішенні питань бачення майбутнього стану водних ресурсів, оцінюванні ефективності заходів щодо їх охорони від забруднення тощо, зокрема при виконанні міжнародних проєктів, складанні планів управління річковими басейнами та ін. [3-6]. Так, у рамках міжнародного проєкту «Розробка водних сценаріїв для Європи та сусідніх країн до 2050 року» (SCENES) для АР Крим були розроблені концептуальні якісні водні сценарії за методикою глобального екологічного огляду (GEO-4), як опис альтернативного бачення (імовірних варіантів) майбутнього стану водних ресурсів за певними обраними сценаріями соціально-економічного розвитку суспільства [4].

Мета досліджень – розроблення методу підготовки сценарію управління водним балансом сільської території в умовах зрошення.

Методика досліджень базується на застосуванні ретроспективних водобалансових розрахунків та статистичному аналізі їх результатів з відповідним імовірнісним прогнозом розвитку процесів надходження води та її споживання.

Результати досліджень. Сценарне планування є описом послідовності управлінських дій, завдяки яким у суб'єкта управління формується уява про те, як можна впливати на процеси утворення та використання водних ресурсів для досягнення поставленої мети. Отже, сценарний підхід за своєю суттю можна розглядати як алгоритм поведінки суб'єктів управління для запобігання надно-

рмативним відхиленням показників водокористування від їх критеріїв.

Виходячи з уяви, що раціональне управління використанням водних ресурсів полягає у збалансуванні забору і споживання води з дотриманням вимог мінімізації втрат на фільтрацію та скид (поверхневий стік), в основу сценарного підходу авторами покладено принцип, за яким формою представлення сценаріїв є водний баланс. Обґрунтування найбільш доцільного сценарію має базуватись на сталих тенденціях у часових та просторових змінах водобалансових елементів залежно від коливань сумарного водонадходження.

Балансовий підхід вимагає точного визначення меж балансового об'єму та зміни його водності, що може бути забезпечено в межах замкненого гідрометричного контуру з ефективною системою водообліку. Аналіз наявного інформаційного забезпечення засвідчив, що нині цим вимогам задовольняють лише території зрошувальних систем.

Сценарне планування розпочинають з ретроспективного аналізу даних, які характеризують структуру водного балансу залежно від обсягу забору води на територію та умов її природного зволоження атмосферними опадами.

Далі виявляють найбільш значущі чинники впливу на водний баланс і характер такого впливу шляхом пошуку пар балансових елементів з найбільш тісними кореляційними зв'язками між ними. Такий аналіз доцільно доповнювати встановленням кореляційних зв'язків між показниками та індикаторами стану процесів водокористування на сільських територіях.

Аналіз вважається завершеним, якщо буде встановлено чинники, завдяки керованим змінам яких мінімізуються непродуктивні витрати води, зокрема безповоротне водоспоживання, фільтрація та водовідведення.

Як правило, із збільшенням водонадходження зростатимуть з різною інтенсивністю усі витратні елементи водного балансу. Атмосферні опади є некерованим чинником, але чим їх більше, тим менша потреба у водозаборі, принаймні на потреби зрошення, що, в свою чергу, зменшує обсяги водонадходження.

Наступним кроком є складання водного балансу оптимізованої структури на різну забезпеченість за дефіцитом водоспоживання зрошуваних сільськогосподарських культур.

Як правило, таким вимогам відповідає водний баланс, якому відповідає максимальний за величиною коефіцієнт корисного використання водних ресурсів.

Альтернативні сценарії відповідають вірогідним змінам водозабору внаслідок коливань по роках та сезонах кількості атмосферних опадів. Тому криві забезпеченості водозабору корелюють з аналогічними кривими дефіциту водоспоживання. Це дає підстави оперувати сценаріями, які, за суттю, є водними балансами 25-, 50-, 75- та 95- відсоткової забезпеченості.

Такий метод відпрацьований нами на прикладі зрошуваних земель Херсонської області, при цьому використано авторську комп'ютерну програму водобалансових розрахунків.

Метод і програма передбачають оцінювання поточного стану використання водних ресурсів на підставі складання поточних водних балансів з визначенням показників водокористування: коефіцієнта корисного використання водних ресурсів, коефіцієнта корисного використання вод цільового призначення (зокрема зрошувальних вод), коефіцієнта водовідведення, коефіцієнта забезпечення вологою цільових потреб (наприклад, відновлення запасів вологи кореневмісного шару ґрунту) [7], а також показника антропогенного навантаження на водні ресурси. Встановлюють сталі тенденції у зміні перерахованих коефіцієнтів.

Принципова схема підготовки сценарію управління використанням водних ресурсів показана на рис. 1.



Рис. 1. Принципова схема розроблення сценаріїв управління використанням водних ресурсів

За результатами водобалансових розрахунків нами складено водний баланс зрошуваних земель Херсонської області за вегетаційні сезони 2000-2013 років. Їх аналіз дозволяє визначити, що пріоритетним сценарієм управління використанням водних ресурсів має бути водний баланс оптимізованої структури, розрахований на групову норму водоспоживання-нетто та відповідну їй норму водовідведення. Оптимізація водного балансу

полягає також у додержанні норми подачі води на об'єкти управління, що досягається завдяки запобіганню наднормативним скидам води, підйому рівня ґрунтових вод вище критичних глибин їх залягання.

Тому розробці сценарію має передувати ретроспективний аналіз структури водного балансу, виявлення емпіричних зв'язків між його прибутковими та витратними елементами. Користуючись результатами кореляцій-

ного аналізу можна спрогнозувати найбільш вірогідні зміни елементів водного балансу за різного природного зволоження території.

Сталі тенденції у використанні водних ресурсів визначають ретроспективним аналізом даних, які характеризують:

- зв'язок витратних елементів водного балансу території з сумарним надходженням на неї води, у тому числі атмосферних опадів;

- зв'язок показників і критеріїв використання водних ресурсів із сумарним надходженням води;

- зв'язок відхилень між показниками та критеріями використання водних ресурсів із відхиленнями від норми водоподачі-брутто на територію.

Залежності матимуть вигляд кривих, наведених на рис. 2-4.

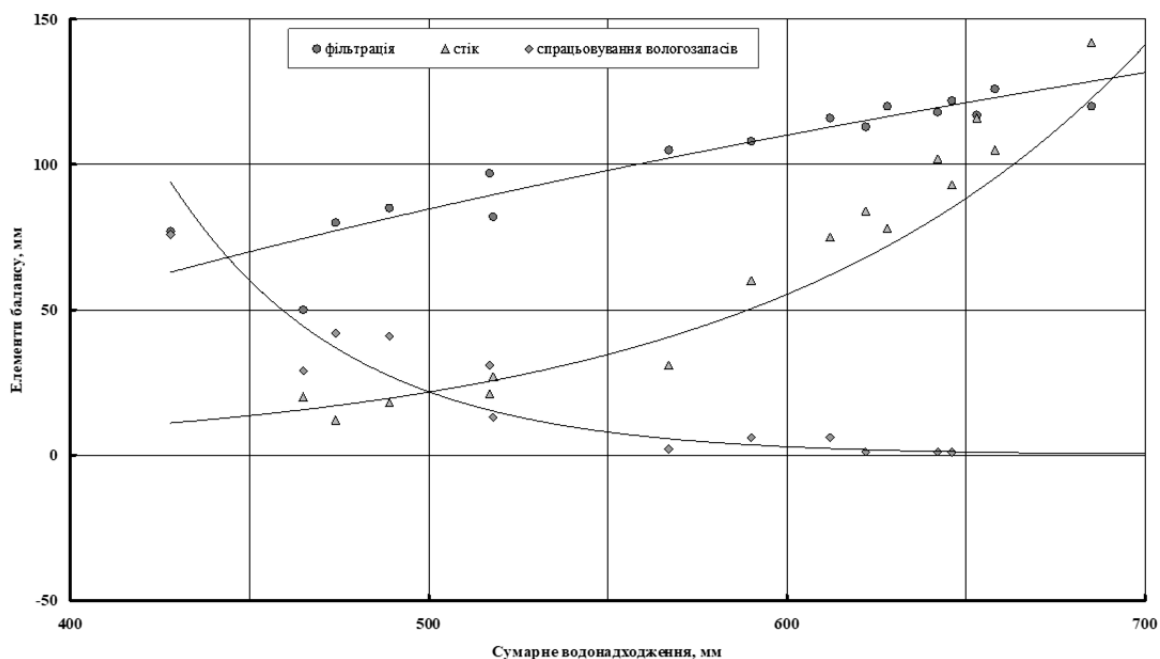


Рис. 2. Зв'язок витратних елементів водного балансу з сумарним надходженням води на територію

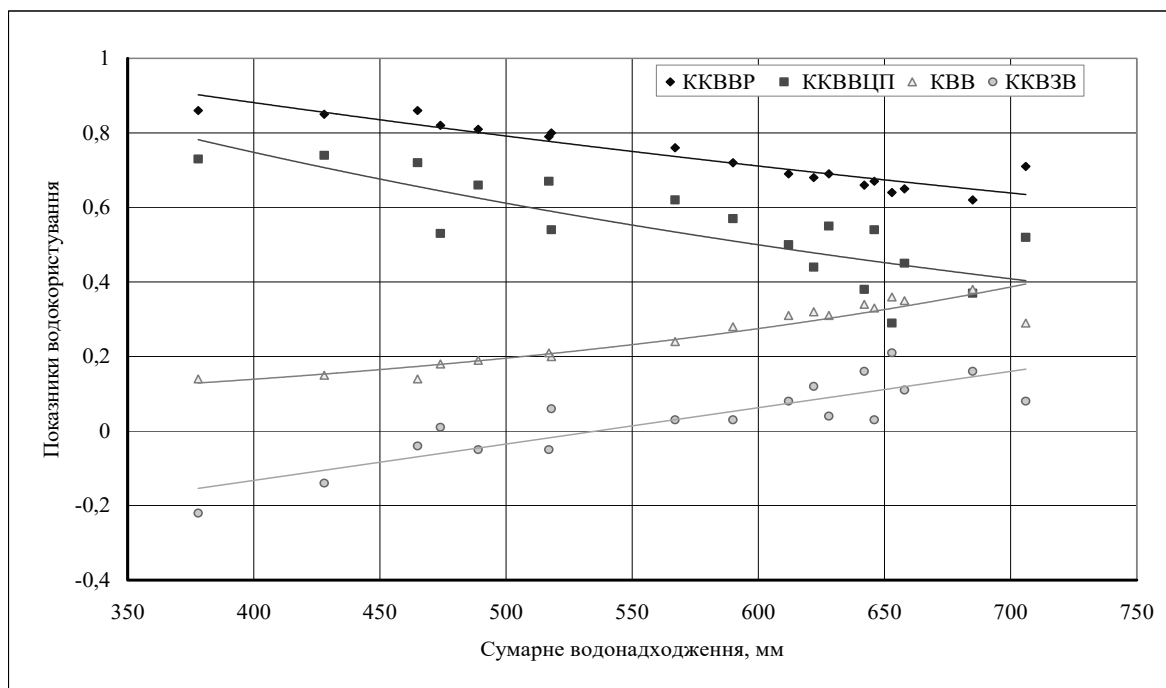


Рис. 3. Вплив сумарного водонадходження на показники використання водних ресурсів

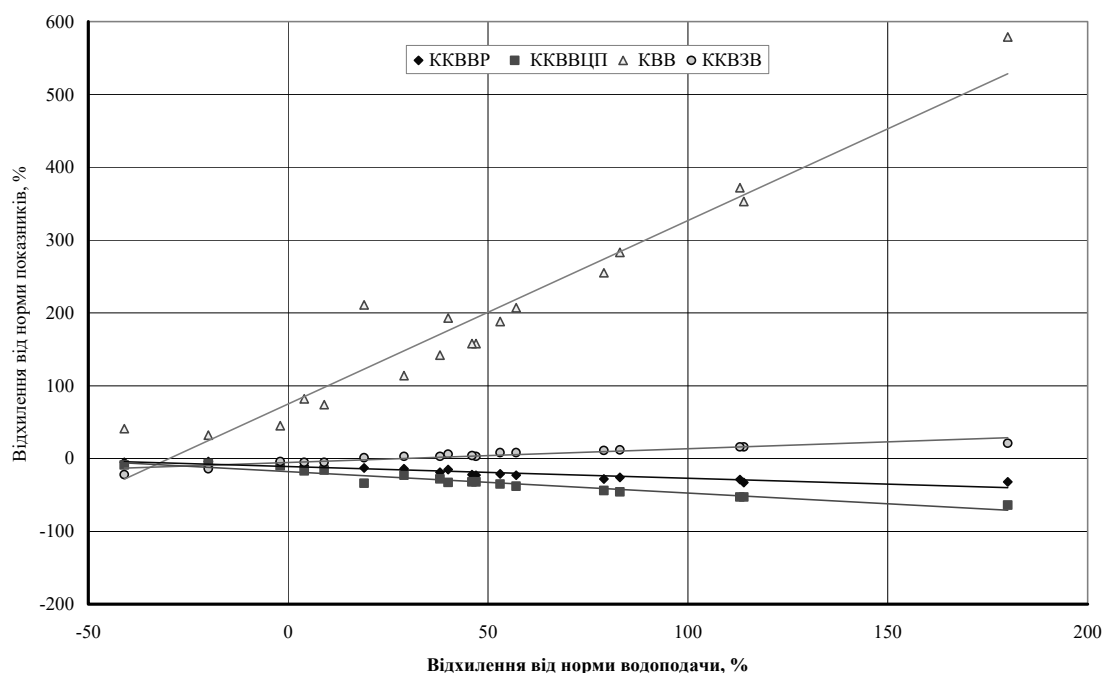


Рис. 4 Відхилення показників використання водних ресурсів від їх умовно нормативних значень залежно від аналогічного відхилення водоподачі-брутто

Реалізація сценаріїв зводиться до управління надходженням води на територію в обсягах, за яких мінімізуються витратні елементи водогосподарського балансу і досягається максимум коефіцієнта корисного використання водних ресурсів.

Відхилення показників водокористування від їх технологічно обґрунтованих значень корелюють з аналогічними відхиленнями, розрахованими для сумарного надходження води на територію.

Пріоритетність цільового сценарію можна оцінити за відхиленням між поточними та цільовими показниками водокористування.

Від'ємні значення величини відхилення свідчать про те, що фактичні значення показників водокористування менше їх норми.

Висновки. Водний баланс, розрахований на різну забезпеченість за дефіцитом водоспоживання сільськогосподарських культур, є основним сценарієм превентивного управління використанням водних ресурсів в умовах стохастичної природи процесу формування водонадходження і водоспоживання.

Пріоритетним вважають сценарій, за умов додержання якого коефіцієнт корисного використання водних ресурсів є максимальним.

Бібліографія

1. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. ECE/MP.WAT/30. – Издание ООН: Нью Йорк, Женева, 2009. – 129 с.
2. Линдгрен М. Сценарное планирование. Связь между будущим и стратегией / М. Линдгрен, Х. Бандхольд. – М.: Олимп – Бизнес, 2009. – 256 с.
3. Сценарії використання водних ресурсів для зрошення / О. І. Жовтоног, Л. А. Філіпенко, І. К. Шостак, В. В. Поліщук // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 2. – С.57-62.
4. Жовтоног О. Кількісні та якісні водні сценарії для АР Крим / О. Жовтоног, В. Ляшевський, В. Поліщук // Прогресивні методи управління водними ресурсами для сільськогосподарського виробництва та розвитку сільських територій. – Львів, 2009. – С.16.
5. Жовтоног О.І. Інтегроване управління водними та земельними ресурсами на сільських територіях для забезпечення сталого розвитку зрошення / О.І. Жовтоног // Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. – К.: Аграрна наука, 2009. – С.536-550.

6. План інтегрованого управління басейном р. Тиса. – Міжнародна комісія із захисту річки Дунай / Відповід. за укр. видання О. Ярошевич. – 150 с.

7. Методичні рекомендації з інтегрованого управління використанням водних ресурсів за басейново-адміністративним принципом.- К.: ЦП «Компринт», 2015. – 46с.

Ю.А. Михайлов, А.Н. Шевченко, Ю.Ю. Даниленко, С.Н. Лютницкий, В.О. Богаенко
Водный баланс как форма сценария управления использованием
водных ресурсов в условиях орошения

Предлагается метод подготовки сценариев управления использованием водных ресурсов на орошаемых землях. На основании рассмотрения интегрированного управления использованием водных ресурсов, как процесса сбалансирования забора воды на объекты планирования с ее последующим потреблением при необходимости минимизации технологически обоснованных фильтрации и сброса, в основу сценарного управления положен балансовый принцип, согласно которому формой выражения сценариев являются водохозяйственные балансы. Методический подход предполагает оценки текущего состояния водных ресурсов на основании составления текущих водохозяйственных балансов и определения соответствующих показателей водопользования, установления постоянных тенденций изменения последних от факторов, которые обуславливают формирование приоритетных (оптимальных) сценариев.

Y.O. Mykhaylov, A.M. Shevchenko, I. Y. Danylenko, S.N. Liutnytskyi, V.O. Bohaienko
Water balance as a form of scenario for irrigation water use management

Authors proposed the method of scenarios preparation for managing the use of water resources on irrigated lands. The approach is based on the consideration the integrated management of water resources use as a process of balancing water intake for objects with it next consumption, with requirements to minimize technological filtration and discharges. The Scenario of management is based on the balance principle, according to which water management balances are the form of scenarios expression. The methodological approach involves assessing the current state of water resources on the basis of compiling current water balance sheets and determining appropriate water use indicators, establishing permanent trends in the latter from the factors determining the formation of priority (optimal) scenarios.

УДК 502.51:631.6.03:528.852

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

С.А. ШЕВЧУК, канд. тех. наук,**І.А. ШЕВЧЕНКО**

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ

Розроблено методику оцінювання екологічного стану водних об'єктів із використанням методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Проведено порівняння результатів польових досліджень із розрахованими індексами мультиспектральних знімків супутника Landsat 8. Підтверджено можливість використання розрахункових індексів для визначення екологічного стану водних об'єктів.

Ключові слова: Геоінформаційні технології (ГІС), ДЗЗ, кореляція, каламутність, кольоровість, розрахункові індекси, мультиспектральні знімки, візуальна оцінка водойм, екологічний стан, озера Києва.

Вступ. З кожним роком дистанційне зондування Землі набуває все більшого поширення, даючи змогу спостерігати за різноманітними природними процесами, причому одночасно на великих площах. Крім того, такі спостереження Землі мають значну оперативність. Доступ до космічних знімків, зроблених у минулому, дозволяє встановлювати перебіг природних процесів у часі, робити прогноз на майбутнє. Разом з тим, важливою проблемою, яка досі залишається не вирішеною, є відповідність розрахункових індексів фактичним значенням показників води.

Метою роботи є встановлення можливості використання даних ДЗЗ для з'ясування екологічного стану водойм Києва. До головних завдань належить отримання фактичних показників якості води та порівняння їх з розрахунковими індексами.

Загальні підходи визначення якості води. До найважливіших показників якості води належать температура, прозорість, кольоровість, вміст завислих речовин, концентрація розчиненого кисню, а також біогенних і забруднювальних речовин. Так, температура води є чинником, який істотно впливає на стан гідробіонтів, швидкість протікання багатьох біохімічних процесів. Підвищення температури інтенсифікує гідроліз багатозарядних катіонів, спричиняє дегазацію води, збільшує токсичність багатьох сполук, прискорює біохімічні процеси у водоймі. Вміст завислих речовин відображає надходження їх у водойму, зокрема у результаті абразії берегів, роботи землерийної техніки. Крім того, до завислих речовин може бути додана наявність дрібних вільноплаваючих організмів. В останньому разі це стосується і фіто- і зооп-

ланктону. Кольоровість води відображає наявність певних, головним чином, розчинених гумінових речовин, колоїдних сполук заліза, свідчить про розвиток водоростей.

Загалом колір води залежить як від природних умов, так і від людського впливу. Води болотистого походження (особливо торф'яних боліт) мають гаму відтінків від слабожовтого до коричневого, що залежить від вмісту в ній гумінових речовин. Колоїдні сполуки заліза надають воді жовтувато-зеленуватого забарвлення. Водорості надають воді зеленого, бурого та іншого забарвлення. Найрізноманітнішим буває забарвлення внаслідок надходження у воду забруднюючих речовин від людської діяльності. Можливим є надходження у водойми господарсько-побутових і виробничих стічних вод, а також унаслідок поверхневого змиву. Прозорість води залежить від кількості та ступеня дисперсності завислих речовин. Показники прозорості перебувають у дуже широкому діапазоні: від кількох міліметрів до кількох метрів.

Польові дослідження на водних об'єктах Києва. Для перевірки відповідності індексів фактичним значенням природного середовища необхідно провести дослідження (експерименти) на тестових ділянках (поле, ліс, населений пункт та ін.), які залишаються на місці, а змінюється тільки досліджуваний елемент або показник. Особливістю умов водного середовища є його постійне перемішування. Тому в роботі умисно були вибрані водні об'єкти, де течії та перемішування порівняно невеликі [1]. Це дозволило отримати

стабільні значення показників під час прольоту супутника Landsat 8.

Для виконання польових досліджень було обрано водні об'єкти Києва (озера, затоки), які, вочевидь, мають різну якість води і водночас невелике її перемішування: затоки Верблюд, Собаче гирло, Оболонь, озера Редчине, Вербне, Алмазне, Тягле, Вирлиця, Витовець (рис. 1) [2].

На жаль, до початку дослідів об'єкти з крайовими значеннями визначити заздалегідь було неможливо, тому після обробки матеріалів було встановлено, що максимальні та мінімальні значення за показниками можна отримати на сусідніх водних об'єктах. Наприклад, під час роботи земснарядів дуже зростає каламутність води. Специфічними є умови в деяких техногенних водоймах, зокрема у відстійниках, проте дістатися до них не завжди є можливим. Так, у відстійниках Бортницької станції аерації вода є майже прозорою. Такі водні об'єкти складно назвати природними, але вони потрібні для підвищення достовірності кореляційного зв'язку.

Характеристика об'єктів дослідження.

Затока Верблюд розташована на північ від житлового масиву Оболонь. Сполучається з Дніпром протокою у своїй східній звуженій частині. Характерною особливістю затоки є її значна довжина (3,3 км), порівняно з шириною (максимальна – 680 м, характерна – 400 м). Затока характеризується значною глибиною (до 15–16 м), що зумовлено видобутком піску для наміву території перед забудовою житлового масиву Оболонь. Береги помірно пологі, піщані. Де-не-де біля берега зустрічається водна і повітряно-водна рослинність. У літній період затока використовується для пляжного відпочинку.

Затока Собаче гирло розташована на північний схід від житлового масиву Оболонь. Сполучається з Дніпром протокою у своїй південній частині. Довжина затоки становить 1,8 км, максимальна ширина – 700 м. Затока характеризується значною глибиною (до 16–17 м), що пов'язано з видобутком піску для наміву території житлового масиву Оболонь. Береги затоки помірно пологі, піщані.

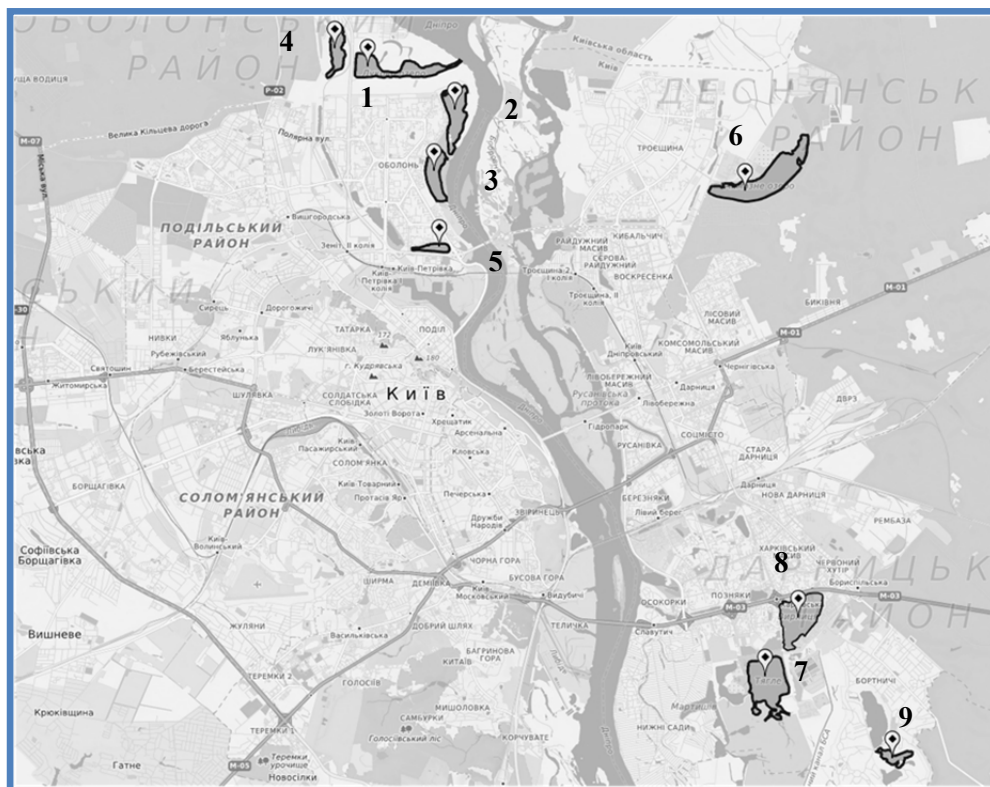


Рис. 1. Розташування досліджуваних об'єктів:

1–3 – затоки Верблюд, Собаче гирло та Оболонь,
4–9 – озера Редчине, Вербне, Алмазне, Тягле, Вирлиця, Витовець

Затока Оболонь розташована на схід від однойменного житлового масиву. Сполуча-

ється з Дніпром широкою протокою у своїй південній частині, а також невеликою прото-

кою у північно-східній. Наявність двох проток визначає гарний водообмін з Дніпром. Затока трохи поступається за розмірами розташованій вище за течією затоці Собаче гирло. Довжина затоки становить 1,5 км, максимальна ширина – 430 м. Затока Оболонь характеризується значною глибиною (до 17–19 м), оскільки свого часу з неї забирався пісок для наміву території житлового масиву Оболонь. Береги затоки помірно пологі, піщані.

Оз. Редчине (Редькине, Міністерське) розташоване на північній околиці Києва, західніше автошляху, який сполучає Київ і Вишгород. Практично є непроточним. Інколи в північну частину впадає маленький струмок. Для відводу води влаштовано трубу в південній частині озера. Довжина становить 1,6 км, максимальна ширина – 400 м. Прибережна смуга переважно вкрита природною рослинністю.

Оз. Вербне розташоване на південній околиці житлового масиву Оболонь. Непроточне. Довжина становить 1070 м, максимальна ширина – 240–250 м. Частково має штучне походження – слугувало джерелом піску для наміву житлового масиву Оболонь. Є досить глибоким – до 14 м.

Оз. Алмазне розташоване в лівобережній частині Києва на східній околиці житлового масиву Троєщина. Практично непроточне – у північну частину впадає маленький струмок; вода відводиться через трубу, влаштовану в південній частині озера. Озеро Алмазне є найбільшим у Києві: його довжина сягає 3,5 км, ширина – 700 м, максимальна глибина – 19,7 м.

Оз. Тягле розташоване в лівобережній частині Києва біля житлового масиву Осокорки. Має досить правильну форму, що пояснюється видобутком наявного тут піску з подальшим його використанням для будівельних цілей. Довжина озера становить 1,3 км, ширина – 1,0 км. Практично непроточне. На мілководдях зустрічається водна та повітряно-водна рослинність. Протягом виконання польових досліджень на озері працював земснаряд, що забирав ґрунт для наміву прилеглих територій.

Оз. Вирлиця розташоване в лівобережній частині Києва біля Харківського житлового масиву. Частково має штучне походження – у минулому слугувало джерелом піску з подальшим його використанням для будівельних цілей. Довжина становить 1,8 км, максимальна ширина – 1,1 км. Практично непрото-

чне. Зазнає негативного впливу від розташованого поряд сміттєспалювального заводу “Енергія”. Мілководдя озера, зокрема в його північній частині, заросли водною та повітряно-водною рослинністю.

Оз. Витовець розташоване на південно-східній околиці Києва, на південь від селища Бортничі. Частково має штучне походження – його розміри істотно збільшилися у зв’язку із забором піску для будівельних цілей. Максимальна довжина становить 1,0 км, ширина – близько 300 м. Практично непроточне.

Умови виконання польових досліджень. Польові дослідження на водоймах м. Києва було проведено 6 червня, 8 і 24 липня, а також 8 серпня 2014 р. У перших трьох випадках температура повітря була близькою до норми, в останньому – значно вищою за норму. Середньодобова температура повітря становила відповідно: 6 червня – 23,3 °С, 8 липня – 23,4 °С, 24 липня – 22,2 °С, 8 серпня – 24,5 °С.

Найвища температура, як видно, спостерігалася 8 серпня. Крім того, дуже високою вона була і напередодні. Так, 3 серпня 2014 р. було зафіксовано найвищу середньодобову і максимальну строкову температуру повітря загалом для 2014 р. – відповідно 28,1 і 34,6 °С. Протягом доби 6 червня температура повітря о 8-00 і 20-00 становила 24,5 і 25,7 °С, 8 липня у ті ж години 25,0 і 27,0 °С, 24 липня – 21,3 і 25,0 °С, 8 серпня – 25,0 і 28,3 °С.

Відповідно до температури повітря змінювалася й температура води у Дніпрі та інших водоймах. Про це свідчать дані спостережень на гідрологічному посту “Київ”, що розташований у Гідропарку за 200 м нижче мосту Метро. У дні проведення польових досліджень температура води у Гідропарку становила: 6 червня – 21,4 °С, 8 липня – 22,5 °С, 24 липня – 23,7 °С і 8 серпня – 26,4 °С (рис. 2).

Наявні дані показують, що для температури води, порівняно з температурою повітря, властива менша амплітуда і деяке відставання. Якщо максимум температури повітря спостерігався 3–4 серпня 2014 р., то максимум температури води – 8–11 серпня 2014 р. Як видно, останні польові дослідження відбулися саме тоді, коли температура води у Дніпрі досягла найвищих значень.

В усіх чотирьох випадках проведення польових досліджень спостерігався слабкий вітер, який майже не впливав на перемішування води. Так, 6 червня на метеорологічній станції “Київ” о 8-00 та 11-00 фіксувався пів-

нічний вітер швидкістю 3 м/с. 8 липня о 8-00 вітер був зі сходу швидкістю 1 м/с, а об 11-00 також зі сходу – 3 м/с. 24 липня фіксувався слабкий вітер зі сходу: о 8-00 його швидкість

становила 2 м/с, об 11-00 – 3 м/с. В останньому випадку – 8 серпня швидкість була лише 1–2 м/с.

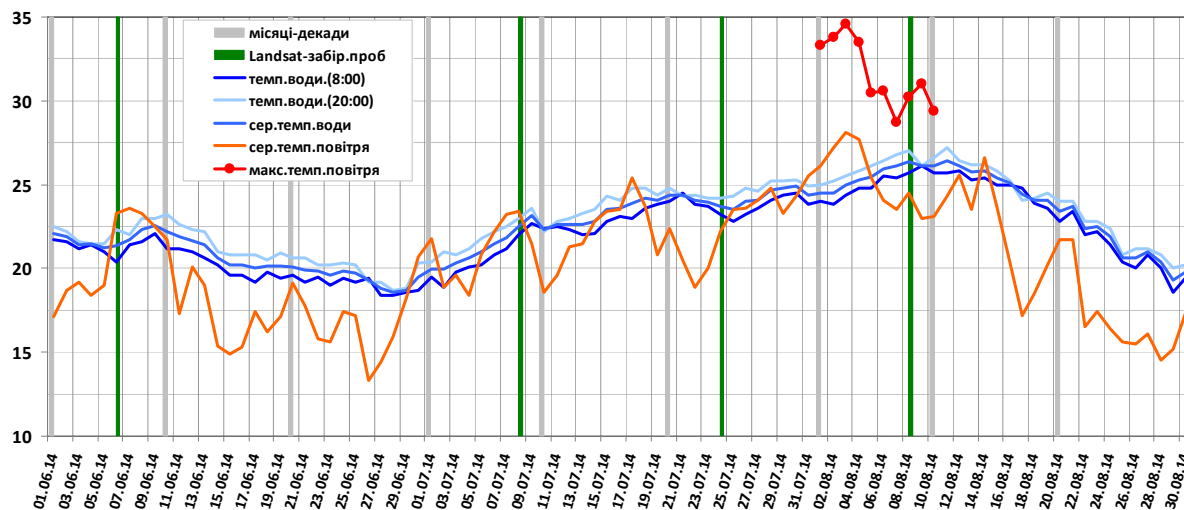


Рис. 2. Перебіг температури повітря на метеорологічній станції “Київ” і температури води на гідрологічному посту “Київ” у червні–серпні 2014 р.

Протягом періоду досліджень випадали атмосферні опади. У червні 2014 р. їх кількість становила 52,9 мм, у липні – 74,5 мм, у серпні – 42,4 мм. Істотного впливу на досліджувані водойми вони не мали, оскільки їх випадіння не збігалось в часі з періодом виконання польових досліджень.

Методика проведення досліджень. Головною вимогою до програми польових досліджень була одночасність вимірювання показників якості води (візуальна оцінка, температура, прозорість, кольоровість, концентрація завислих речовин і кисню) та часу знімання земної поверхні супутником Landsat 8. Для зменшення часу виконання досліджень останні виконувалися трьома групами, кожна з яких виїжджала на задані об'єкти. Кожна група у своєму розпорядженні мала гумовий човен, диск Секкі з розміченою мотузкою, термометр, засіб GPS, пластикові пляшки, журнал для записів [3].

Звичайно виміри виконували поблизу центра водойми. Винятком слугували затока Верблюд та оз. Алмазне. У першому разі виміри виконували у західній розширеній частині, у другому – у південній частині [3].

Програма виконання робіт на кожному об'єкті полягала у виході на заплановану точку, вимірах температури і прозорості води, відборі води у пластикові пляшки, визначенні координат.

Забір води у пляшки виконували так, аби в них зовсім не було повітря. Крім того, при виконанні досліджень візуально оцінювали стан води та водойми в цілому.

Основну увагу в польових дослідженнях було приділено каламутності, прозорості та кольоровості води, а також вмісту завислих речовин. Обробку знімків здійснювали за допомогою відповідних комп'ютерних програм, зокрема IDRISI Taiga, ArcMap. Оцінювання стану водних об'єктів виконували шляхом розрахунку низки індексів (NDPI, NDTI, NDVI та ін.) та знаходження відповідних кореляційних зв'язків між ними і даними польових досліджень [4].

Усі визначення виконували відповідно до настанов, які використовують у гідрометслужбі України: ГОСТи 3351-74 і 2474-82. Так, прозорість визначали з використанням диску Секкі. Її також визначали в лабораторних умовах з використанням проб, відібраних у пляшки. У цьому разі використовували шрифт Снеллена, який читався через стовп води, наливої в циліндр. Кольоровість води визначали кольориметричним методом за допомогою стандартної шкали. Концентрацію завислих речовин визначали ваговим методом. Для цього відібрана проба прокачувалася через фільтр. Відмінність у вазі чистого фільтра і фільтра з наносами, поділена

на об'єм проби, дозволяла отримати вміст завислих речовин у міліграмах на кубічний дециметр. Концентрацію розчиненого кисню визначали титриметричним методом [5, 6].

Візуальна характеристика води і водних об'єктів. Першочерговою характеристикою води є та, що визначається на основі органів чуття людини. Така характеристика набула назви органолептичної. До органоле-

птичних властивостей належать ті, які сприймаються органами чуття людини та оцінюються за інтенсивністю сприйняття. Нюхові, смакові, зорові, теплові відчуття зумовлені фізичними характеристиками води і наявністю в ній певних хімічних речовин (органічних, мінеральних солей, газів). За результатами візуальної оцінки стану водних об'єктів складено таблицю 1 [5, 6].

1. Опис стану водойм на час виконання польових досліджень

Назва озера	06.06.2014	08.07.2014	24.07.2014	08.08.2014
оз. Вирлиця	Слабо прозора, слабо синьо-зеленого кольору, цвітіння відсутнє	Слабо прозора, слабо синьо-зеленого кольору, слабке цвітіння	Середньо прозора, слабо синьо-зеленого кольору, цвітіння відсутнє	Середньо прозора, темно-зеленого кольору, цвітіння відсутнє
оз. Вербне	Середньо прозора, середньо коричневого кольору, слабке цвітіння	Слабо прозора, жовто-коричневого кольору, слабке цвітіння	Слабо прозора, жовто-коричневого кольору, середнє цвітіння	Непрозоре, сильно жовто-коричневого кольору, значне цвітіння
оз. Витовець	Середньо прозора, слабо зелено-синього кольору, цвітіння відсутнє	Добре прозора, слабо зеленого кольору, цвітіння відсутнє, працює земснаряд	Слабо прозора, слабо зеленого кольору, цвітіння відсутнє, працює земснаряд	Середньо прозора, слабо зеленого кольору, цвітіння відсутнє, працює земснаряд
оз. Редчине	Середньо прозора, слабо зеленого кольору, відсутнє цвітіння	Середньо прозора, слабо зеленого кольору, цвітіння відсутнє	Слабо прозора, середньо зелено-коричневого кольору, слабке цвітіння	Слабо прозора, сильно зелено-коричневого кольору, середнє цвітіння
оз. Собаче гирло	Добре прозора, слабо коричневого кольору, цвітіння відсутнє	Добре прозора, слабо коричневого кольору, слабке цвітіння	Добре прозора, слабо коричневого кольору, слабке цвітіння	Середньо прозора, слабо коричневого кольору, слабке цвітіння
оз. Тягле	Добре прозора, середньо синьо-зеленого, без цвітіння відсутнє, працює земснаряд	Середньо прозора, середньо коричнево-зеленого кольору, цвітіння відсутнє, працює земснаряд	Слабо прозора, середньо коричнево-зеленого кольору, слабке цвітіння, працює земснаряд	Слабо прозора, сильно зеленого кольору, гіперцвітіння, земснаряд не працює
зат. Оболонь	Добре прозора, слабо коричневого кольору, цвітіння відсутнє	Середньо прозора, слабо коричневого кольору, слабке цвітіння	Добре прозора, слабо коричневого кольору, слабке цвітіння	Слабо прозора, слабо коричневого кольору, середнє цвітіння
зат. Верблюд	Середньо прозора, слабо зеленого кольору, цвітіння відсутнє	Слабо прозора, слабо зеленого кольору, цвітіння відсутнє	Слабо прозора, середнього коричнево-зеленого кольору, середнє цвітіння	Середньо прозора, сильно зеленого кольору, значне цвітіння
оз. Алмазне	Добре прозора, слабо синьо-зеленого кольору, цвітіння відсутнє	Добре прозора, слабо синьо-зеленого кольору, цвітіння відсутнє	Слабо прозора, середнього зелено-синього забарвлення, значне цвітіння	Слабо прозора, дуже сильно зеленого кольору, гіперцвітіння

Результати польових та лабораторних досліджень. Відібрані проби води якомога швидше доставляли у хімлабораторію, де визначали прозорість, кольоровість, концентрацію завислих речовин і кисню.

Встановлено, що визначення прозорості води за диском Секкі є більш простим та інформативним, ніж лабораторним методом з використанням шрифту Снеллена. Так для води, відібраної під час першого виїзду, прозорість за лабораторним методом для більшості водойм виявилася абсолютно однакою – 25 см. Водночас по диску Секкі вона коливалася більш як у два рази. У зв'язку з цим для подальшого аналізу використовували дані по диску Секкі.

Отримані дані показали, що для кожного водного об'єкта властиві певні особливості, які залежать від зовнішніх факторів.

Виявилося, що в усіх випадках температура води у досліджуваних водоймах була вищою, ніж на гідрологічному посту в Гідропарку. Основною причиною цього є те, що дослідження виконували у водоймах з невеликим перемішуванням.

Доволі великою виявилася прозорість води у затоках Дніпра. Разом з тим, найбільша прозорість на початку літа спостерігалася в оз. Алмазне. У другій половині літа, насам-

перед під час виїзду 8 серпня 2014 р., прозорість за диском Секкі різко зменшилася. Єдиним винятком було оз. Вирлиця. Можна припустити, що в останньому разі “цвітіння” води було штучно зменшено через те, що вода згаданого озера використовується у технологічних процесах.

Своєрідними виявилися зміни кольоровості води. У затоках Дніпра протягом літа вона дещо зросла. Водночас в озерах зміни виявилися різними: у деяких (Алмазне) кольоровість зросла, в інших практично не змінилася.

Наявні дані дали змогу встановити деякі залежності, насамперед досліджуваних параметрів від часу (рис. 3). Дані, наведені на рисунках, свідчать про те, що протягом виконання досліджень водні об'єкти зазнали помітних змін. Так, під час останнього виїзду у досліджуваних водоймах зросла відмінність у температурі. Найвищою вона виявилася в оз. Тягле – 30,0 °C. Помітні зміни відбулися з прозорістю води – у деяких водоймах вона зменшилася у кілька разів. Так, в оз. Алмазне вона зменшилася з 2,71 м до 0,32 м.

Отримані дані дозволили встановити деякі залежності між виміряними величинами. Найкращою залежністю виявилася між прозорістю та каламутністю.

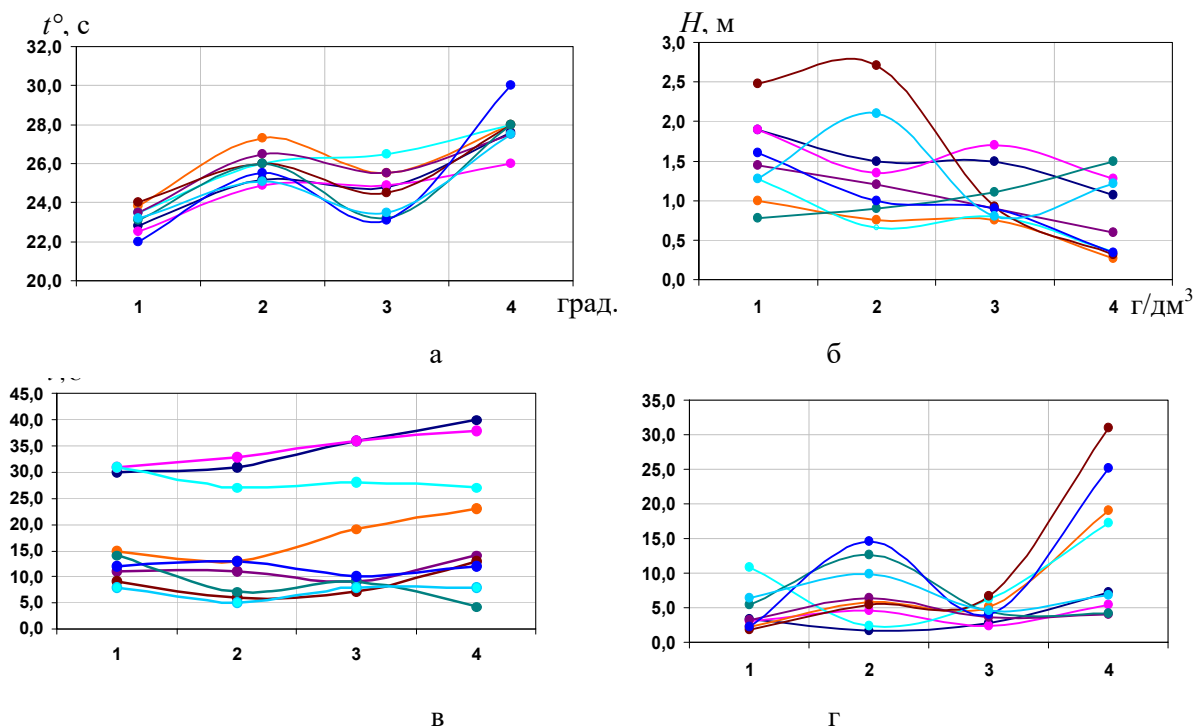


Рис. 3. Зміни в часі показників води:

а – температури, б – прозорості, в – кольоровості, г – концентрації завислих речовин (цифрами позначено номери виїздів)

Для визначення каламутності в лабораторних умовах використовували прилад турбідиметр портативний Mi415, Milwaukee (Угорщина), який визначає концентрацію завислих твердих частинок у розчині. При вимірі каламутності фотометричним методом або методом трубки можна оцінити вміст завислих речовин. Mi415 має два робочі діапазони: від 0,00 до 50,00 FNU і від 50 до 1000 FNU. Результат вимірювань виражають у мг/дм^3 при використанні основної стандартної суспензії каоліну (мутність по каоліну) або в ОК/дм^3 (одиниці каламутності на дм^3) при використанні основної стандартної суспензії формазіна. Останню одиницю виміру називають також одиниця Каламутності по Формазіну (ОКФ) або в західній термінології FTU (formazine Turbidity Unit). $1\text{FTU} = 1\text{ОКФ} = 1\text{ОК/дм}^3$ (рис. 4).

Результати дистанційного зондування Землі. Дослідження, що виконували в польових умовах, збігалися в часі з терміном польоту над Києвом супутника Landsat 8. Кос-

мічні знімки цього супутника у мультиспектральному діапазоні скачувалися з сайту Геологічної служби США. Так, перші літери і цифри у назві знімку LC81810252014157LGN00 означають, що він зроблений саме супутником Landsat-8. Наступні три цифри (181) означають колонку по меридіану, а ще три наступні (025) – смугу по горизонталі. Далі чотири цифри відображають рік, а три наступні – добу з початку року. Останні літери та цифри – номер сканера на супутнику [7, 8].

Нами виконано розрахунок кількох індексів, які характеризують стан водних об'єктів. Визначали числові величини чотирьох індексів: NDTI, NDVI, NDPI, Інд.забр., значення яких перебувають у межах від -1 до $+1$ [7, 8].

Для визначення каламутності води прийнято використовувати показник відносної різниці каламутності NDTI (Normalized Difference Turbidity Index). Невелике значення цього індексу свідчить про невелику каламутність і навпаки.

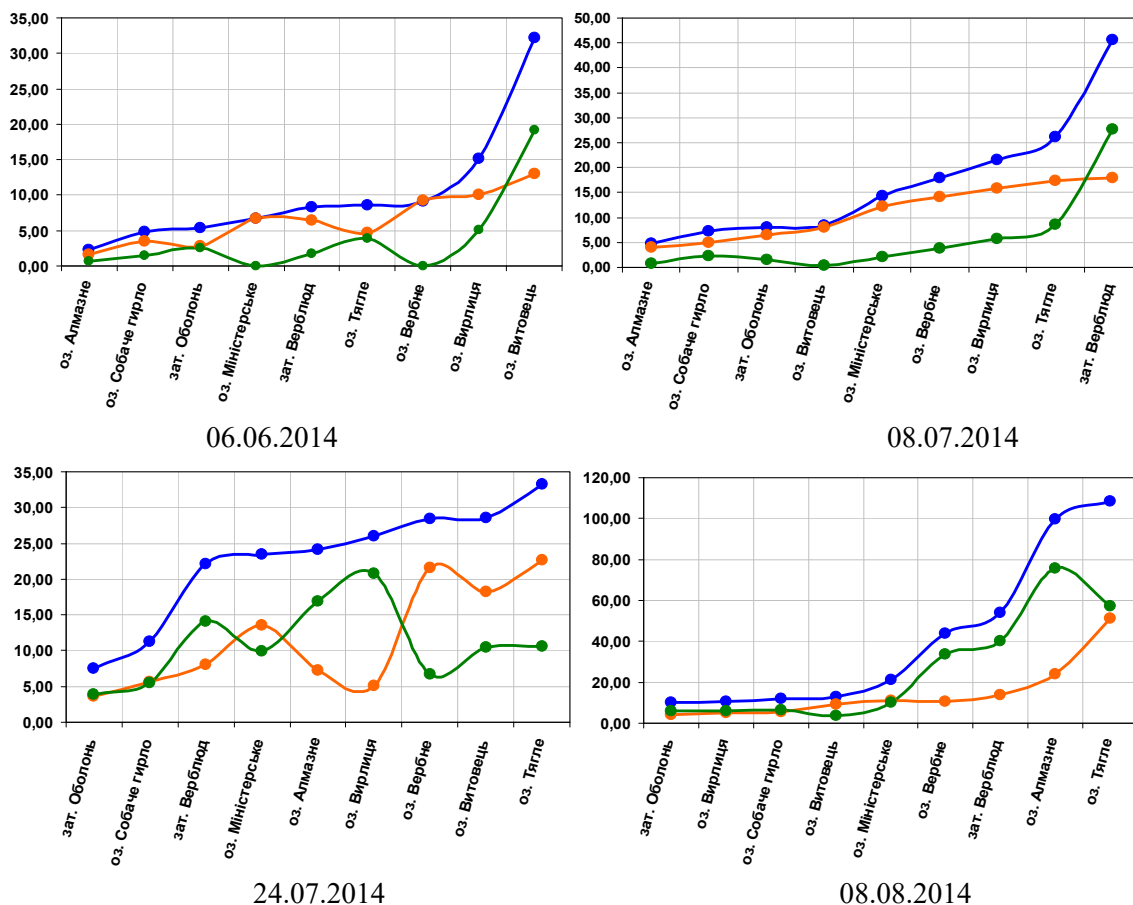


Рис. 4. Відношення складових каламутності води у досліджуваних об'єктах:
синя лінія – загальна, червона – мінеральна, зелена – органічна складова

Отримані знімки було опрацьовано з використанням програми IDRISI Taiga. Першим кроком було завантаження потрібного знімку. Наступний крок – задавання у програмі значень певних індексів. Так, для оцінювання каламутності зі знімка Landsat-8 використовували формулу:

$$NDTI = (B4 - B3) / (B4 + B3), \quad (1)$$

яка відповідає залежності $NDTI = (Red - Green) / (Red + Green)$.

У цій залежності величини Red і Green характеризують насиченість кольору у відповідному діапазоні спектра. Програма IDRISI Taiga розраховує значення обраного індексу для всього знімка, який опрацьовується. Наступний крок – знімання величини індексу з конкретної точки, яка цікавить (рис. 5).

Водну рослинність розпізнаємо за допомогою показника відносної різниці рослин-

ності NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

Для розпізнання водних об'єктів на космічних знімках розраховано індекс NDPI (Normalized Difference Pond Index). Цей індекс виражається через коефіцієнти далекого ІЧ (SWIR) і зеленого (Green) областей спектра:

$$NDPI = (SWIR - Green) / (SWIR + Green). \quad (2)$$

За допомогою індексу NDPI визначаються не лише водна поверхня, а й розпізнається рослинність самого водоймища (вища водна рослинність). Рослинність поза водними об'єктами має більш високий показник NDVI:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED). \quad (3)$$

У дослідженні розраховується водний індекс забруднення за формулою:

$$\text{Інд.забр.} = (2/3 \text{ Green} - 1/3 \text{ NIR}) / (2/3 \text{ Green} + 1/3 \text{ NIR}). \quad (4)$$

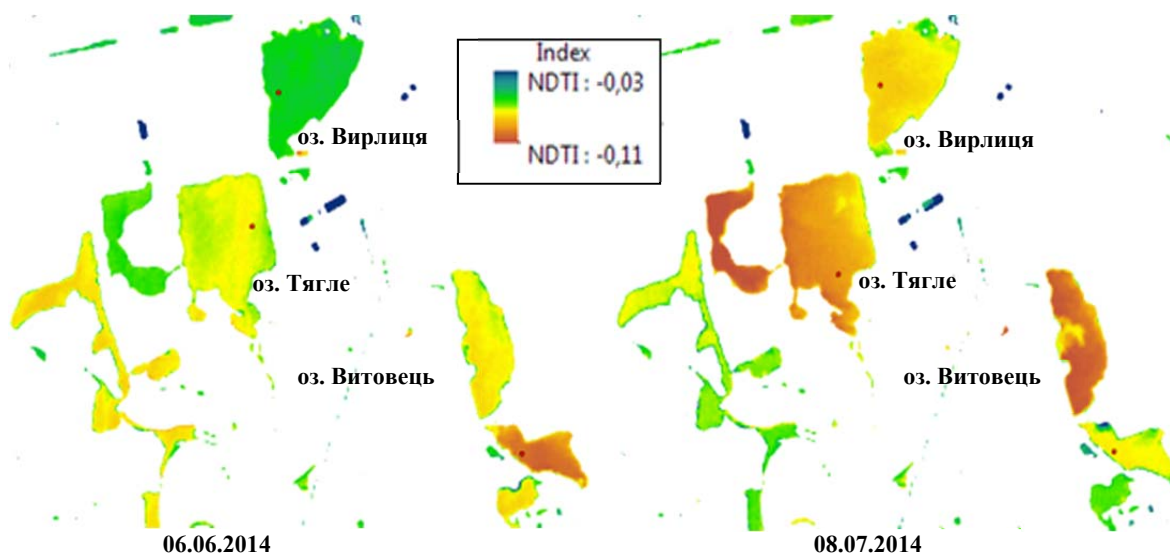


Рис. 5. Місця польових досліджень на водоймах м. Києва

(місця відбору проб позначені червоними крапками) та отримані результати за індексом NDTI

Важливим було порівняння отриманих розрахункових індексів з фактичними значеннями, визначеними в польових умовах. Використовуючи формули для визначення індексів забруднення води, було розраховано

числові значення кожного з них в точках відбору проб води.

Наступним етапом досліджень був пошук залежностей між даними, отриманими в польових умовах і даними ДЗЗ (рис. 6).

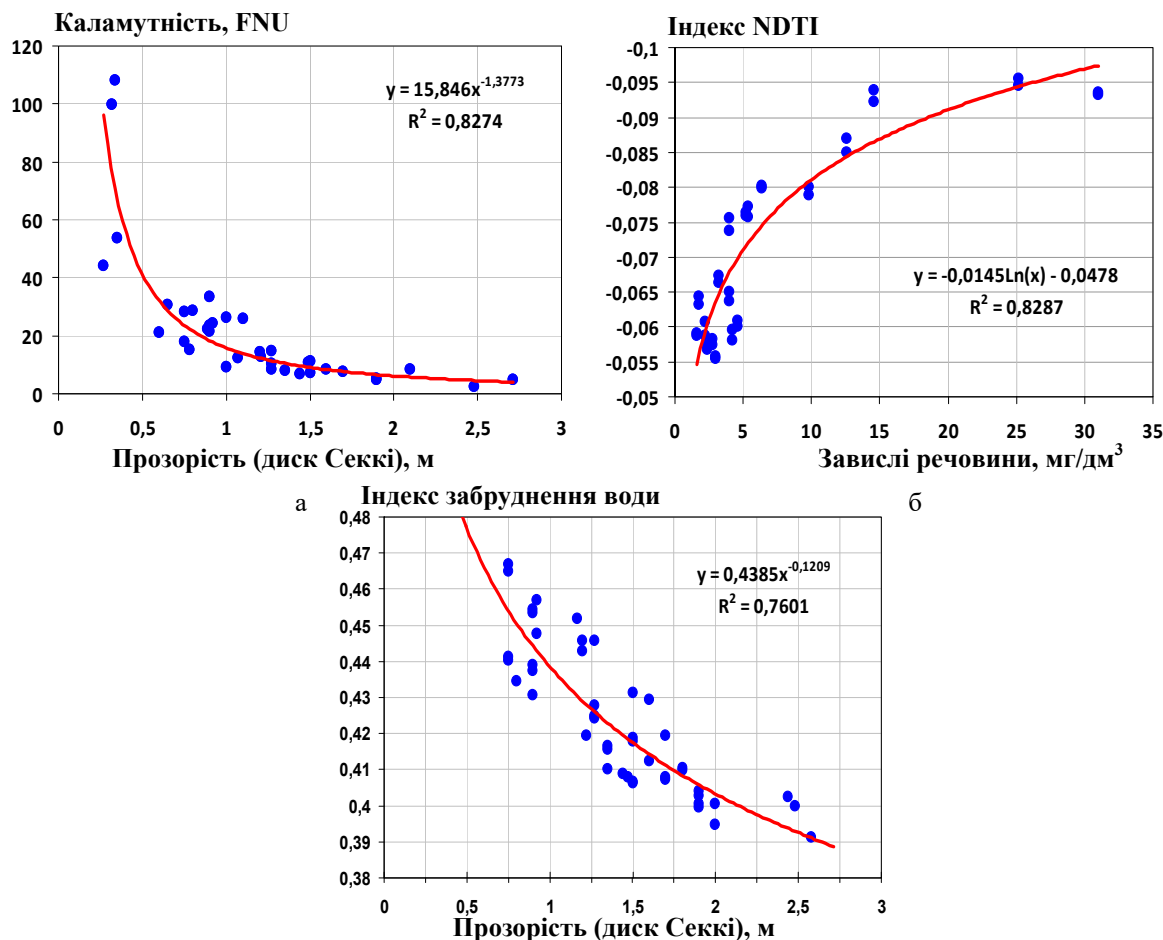


Рис. 6. Кореляційні зв'язки між даними польових досліджень, лабораторних дослідів і значеннями розрахункових індексів, отриманих із супутника Landsat 8

Висновки. Мультиспектральні знімки ДЗЗ разом з матеріалами традиційних методів досліджень дають змогу оцінювати поточний та ретроспективний стан водних об'єктів.

Створено підходи до розробки методики оцінки екологічного стану водних об'єктів з використанням методів дистанційного зондування Землі на основі розрахункових індексів. Це дає змогу підвищити достовірність

та актуальність інформації про ретроспективний та поточний екологічний стан водних об'єктів і річкових басейнів.

Встановлено наявність доволі тісних кореляційних зв'язків між даними польових досліджень, лабораторних дослідів і значеннями розрахункових індексів, розрахованих за відповідними формулами. За даними ДЗЗ є змога оцінювати екологічний стан водних об'єктів України.

Бібліографія

1. Вишневський В.І. Ріка Дніпро / В.І. Вишневський – К.: Интерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.
2. Екологічний стан водойм м. Києва. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 219 с.
3. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
4. Лурье И.К. Теория и практика цифровой обработки изображений / И.К. Лур'є, А.Г. Косиков – М.: Научный мир, 2003. – 167 с.
5. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С.І. Сніжко – К.: 2001. – 264 с.
6. СанПиН №4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР, 1988.

7. Шевчук С.А. Визначення екологічного стану водосховищ за допомогою методів дистанційного моніторингу / С.А. Шевчук, І.А. Шевченко // Меліорація і водне господарство. – 2013. – №.100. Том 2. – С. 42-52.

8. Шевчук С.А. Використання даних ДЗЗ для встановлення екологічного стану Дніпровських водосховищ / С.А. Шевчук, В.І. Вишневський, І.А. Шевченко // Праці Центральної Геофізичної Обсерваторії. – 2014. – №10 (24). Інтерпрес ЛТД, 2014. – 72-78 с.

С.А. Шевчук, І.А. Шевченко

**Определение показателей качества воды по данным
дистанционного зондирования Земли.**

Приведены современные подходы к использованию данных ДЗЗ для определения основных органолептических показателей качества воды в озерах Киева и выполнено сравнение их с расчетными индексами мультиспектральных снимков спутника Landsat.

S.A. Shevchuk, I.A. Shevchenko

Determination of water quality data for remote sensing.

Modern approaches to the use of remote sensing data to identify the main organoleptic characteristics of water quality in the lakes of Kyiv are given and the comparison of them with the calculated indices of the multispectral satellite images of Landsa is made.

УДК 628.147

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОНТАКТНОГО ФІЛЬТРА З ПІНОПІЛІСТИРОЛЬНИМ ФІЛЬТРУЮЧИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ПРИ ОЧИЩЕННІ ПРИРОДНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Д.В. ЧАРНИЙ, канд. тех. наук,

Є. М. МАЦЕЛЮК, канд. тех. наук,

Інститут водних проблем і меліорації НААН

М. Ю. ХАРЧЕНКО

Виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства

Горішньоплавнівської міської ради (Полтавська обл.)

Залишковий алюміній є одним із стандартних показників якості роботи водопровідних очисних споруд. У зв'язку з низкою взаємопов'язаних факторів утримувати його нормативні концентрації в очищеній воді стає дедалі важче. Запропоновано рішення, що спрощує це завдання. Воно базується на переобладнанні існуючих споруд – камер утворення пластівців горизонтальних відстійників – у контактні фільтри. Після реконструкції такі споруди здатні виконувати функції контактних фільтрів, з коагуляцією у стиснених умовах, і попередніх фільтрів для затримання фітопланктону. Проведено натурне моделювання роботи такої установки із застосуванням плаваючого фільтруючого завантаження. Визначені залежності концентрацій залишкового алюмінію від швидкості фільтрування, а також брудомісткості такої комбінованої споруди.

Ключові слова: залишковий алюміній, контактний фільтр, фільтр попереднього очищення, коагуляція, брудомісткість, фільтрація, фільтруюче завантаження.

Існуюча проблема. Сучасна система водопровідного господарства перебуває у перманентному кризовому стані. Відбувається занепад технологічної культури виробництва, що, до того ж, додатково підсилюється первинною недосконалістю типових технологічних рішень. Такі технології були розроблені як універсальні без урахування місцевих умов і, тим більше, змін якості води, що відбулися за останні 35 – 40 років. Суттєвим стало підвищення концентрацій фітопланктону і температури та зниження вмісту кисню у вихідній воді джерел водопостачання. Найбільш яскраво це проявляється у Дніпровському каскаді водосховищ. Такі обставини, при низькій технологічній культурі водопідготовки, змушують застосовувати надмірні дози коагулянту. А це, у свою чергу, призводить до понаднормових [1] – більше $0,2 \text{ мг/дм}^3$ концентрацій алюмінію в очищеній воді. Підвищені концентрації залишкового алюмінію мають мутагенні властивості [2], впливають на кровотворну систему і мають нейротоксичну дію [3].

Пропоноване рішення. У такій ситуації можливим рішенням є застосування технологій, що сприяють прискоренню процесу коагуляції і ефективно затримують фітопланктон.

Запропоноване технологічне рішення направлене на оптимізацію традиційної реагентної

схеми з покращення процесу коагуляції, зменшення залишкового алюмінію і суттєвого скорочення технологічних витрат води за рахунок зменшення інтенсивності промивки і виключення зі схеми горизонтальних відстійників. Усе це відбувається за рахунок контактної коагуляції в стиснених умовах і заміни традиційного важкого фільтруючого завантаження на плаваюче фільтруюче завантаження.

Досліди проводили на експериментальній установці, яка розміщена на очисних водопровідних спорудах м. Горішні Плавні із водозабором вихідної води з протоки Річище (затока річки Дніпро). Моделювалась робота переобладнаних у контактні фільтри камер реакції горизонтальних відстійників з перезавантаженням швидких фільтрів пінополістирольним фільтруючим завантаженням. Очисні споруди підприємства складаються з шести секцій горизонтальних відстійників, розміром секції $46,5 \times 6,1 \times 6,5 \text{ м}$, з камерами утворення пластівців (камер реакції) розміром $4,5 \times 6 \text{ м}$. Відповідно, загальна площа відстійників $1701,9 \text{ м}^2$, а камер реакції – 162 м^2 . Швидкі фільтри, завантажені цеолітовим дрібняком, мають загальну площу $333,8 \text{ м}^2$. У залежності від продуктивності очисних споруд швидкість фільтрації на фільтрах становить від $1,6 \text{ м/год}$ до $2,3 \text{ м/год}$, а для контак-

тних фільтрів – 3,3 м/год і 4,75 м/год відповідно.

Схема модельної установки наведена на рис.1.

Експериментальна установка працює так:

1. Вихідна вода після введення реагентів відбирається перед існуючим вихровим змішувачем і подається на спрощену аерацію крізь душову насадку 2. Далі вона потрапляє у дегазатор 3, де відбувається процес видалення CO_2 і встановлюється стабільний швидкісний режим за рахунок переливної системи.

2. Проаерована вода по лінії 4 надходить на фільтрацію у фільтрувальну колонку Ф1 – 5, де проходить знизу вгору фільтруюче завантаження 7 і де відбувається процес контактної коагуляції і затримання фітопланктону.

3. Після проходження водою фільтрувальної колонки Ф1 отриманий фільтрат поділяється

на два потоки: одна частина по лінії 10 скидається у каналізацію, друга по лінії 17 надходить на фільтрацію до колонки Ф2. Фільтрат з колонки Ф2 по лінії 12 скидається у каналізацію.

4. У процесі роботи фільтруюче завантаження 7 кольматується і його фільтрувальна здатність відновлюється за рахунок зворотної промивки вихідною водою, накопиченою в дегазаторі 3. Промивна вода по лінії 13 надходить до колонки Ф1, розширює фільтруюче завантаження 7 і виносить по лінії 14 забруднення у каналізацію. Промивка фільтруючого завантаження 7 у колоні Ф2 відбувається аналогічно: по лінії 15 промивна вода з дегазатора 3 надходить до колонки Ф2, з якої по лінії 17 забруднення відводяться у каналізацію.

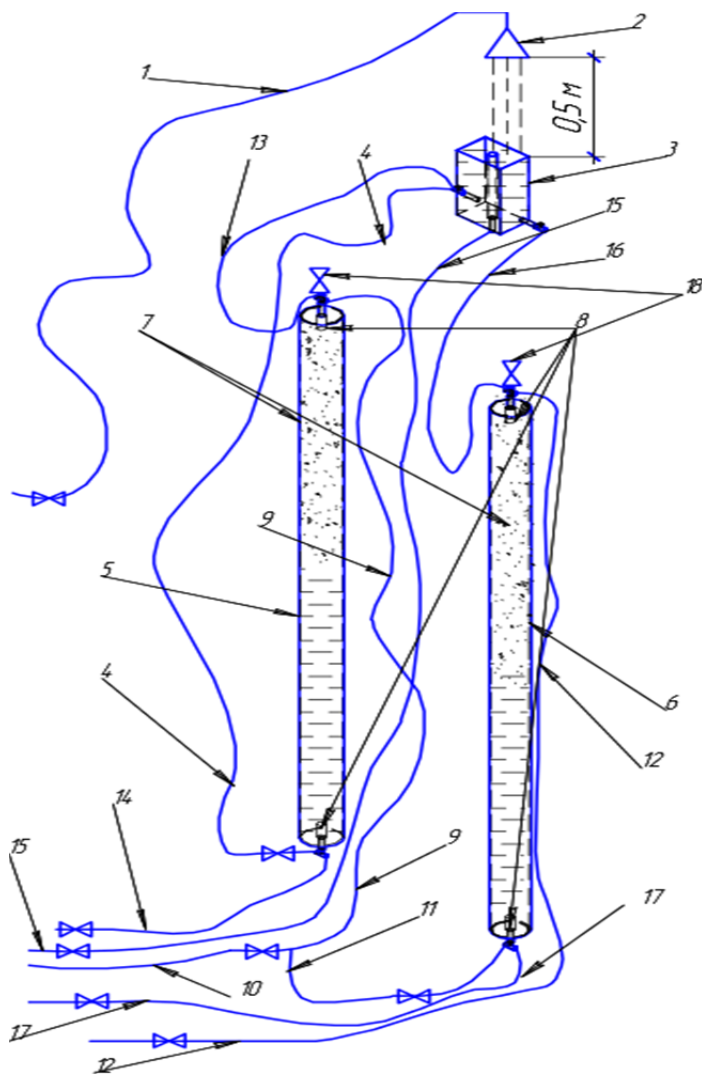


Рис. 1. Експериментальна установка

1- лінія надходження вихідної води на аерацію; 2- душова насадка; 3- бак-дегазатор з системою переливу; 4- лінія надходження дегазованої води на фільтрацію; 5- фільтрувальна колонка Ф1 – модель контактного фільтра; 6- фільтрувальна колонка Ф2 – модель повільного або швидкого фільтра в залежності від швидкості фільтрування; 7- фільтруюче завантаження із гранул спіненого пінополістиролу; 8- шпарові ковпачки – зворотні фільтри, що утримують гранули пінополістиролу всередині корпусу фільтрувальної колонки; 9- лінія надходження фільтрату з колонки Ф1 до колонки Ф2; 10- скид частки фільтрату колонки Ф1 у каналізацію для встановлення в колоні Ф2 швидкості фільтрування, меншої за швидкість фільтрації у колоні Ф1; 11- лінія надходження фільтрату з колонки Ф1 на подальшу фільтрацію до колонки Ф2; 12- лінія скиду фільтрату з колонки Ф2; 13- лінія надходження промивної води до колонки Ф1; 14- лінія скиду промивної води з колонки Ф1 у каналізацію; 15- лінія скиду переливної води з бака-дегазатора; 16- лінія надходження промивної води для промивки колонки Ф2; 17- лінія скиду промивної води з колонки Ф2 в каналізацію; 18- випуски скиду повітря з фільтрувальних колон Ф1 і Ф2.

Попередні результати експерименту. Надлишковий алюміній. Порівняння концентрацій залишкового алюмінію при існуючій

реагентній технології і при запропонованому рішенні, що базується на застосуванні контактного фільтра, наведено в таблиці.

1. Концентрації залишкового алюмінію при існуючій технології і рішенні із застосуванням контактного фільтра з пінополістирольним фільтруючим завантаженням

Доза коагулянту, мг/дм ³	AlO ₂ , мг/дм ³	Залишко-вий Al з Ф1, мг/дм ³	Залишко-вий Al з швидких фільтрів, мг/дм ³	Ефективність Ф1
35	5,8	0,12	0,18	97,93
35	5,8	0,1	0,24	98,28
35	5,8	0,12	0,24	97,93
35	5,8	0,05	0,26	99,14
35	5,8	0,06	0,23	98,97
35	5,8	0,06	0,24	98,97

При зменшенні швидкості фільтрації до 5 м/год на контактному фільтрі концентрація залишкового алюмінію коливалась у межах 0,05 – 0,08 мг/дм³, а при швидкості 1,5 м/дм³ концентрація залишкового алюмінію знижувалась до 0,015 – 0,02 мг/дм³. На рис. 2 на-

ведено зв'язок між швидкістю фільтрування і концентрацією залишкового алюмінію після контактного фільтра. За середніми значеннями збудована модель: швидкість фільтрування – залишковий алюміній. Доза коагулянту марки Полвак 40 залишалась однаковою.

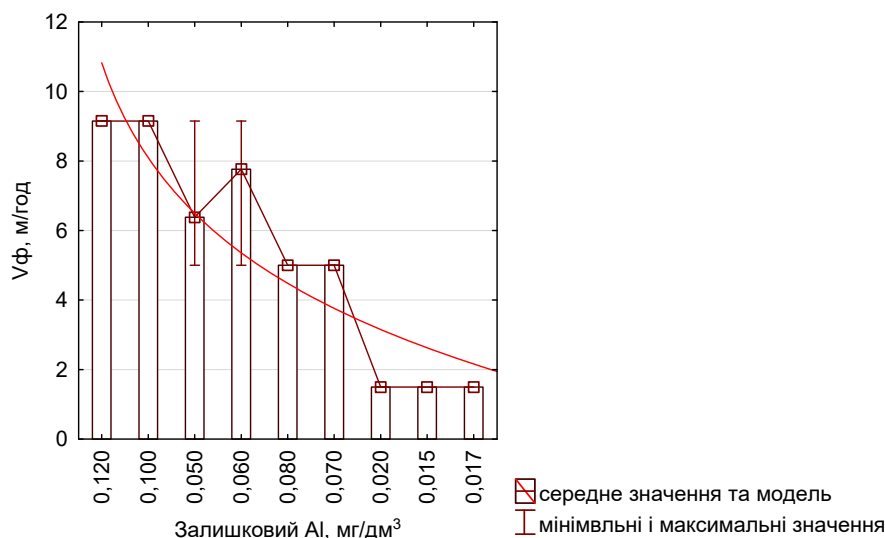


Рис. 2. Зміни концентрації залишкового алюмінію від швидкості фільтрації

Модель описується виразом (1):

$$Al = 10,83 - 9,08 \cdot \lg(V_f), \quad (1)$$

де Al – концентрація залишкового алюмінію, мг/дм³; V_f – швидкість фільтрації, м/год.

Модель має такі характеристики: коефіцієнт кореляції $R=0,823$, коефіцієнт детермінації $R^2=0,677$. Досліди проведено при каламутності вихідної води $8,04 \div 19,62$ °НОК.

Брудомісткість контактної фільтра. Визначення проводилось опосередковано, за допомогою встановлення кількості забруд-

нень у промивній воді за час промивки. Інтенсивність промивки становила 13 л/с на м², об'єм промивної води для промивки експериментальної установки становив ≈ 40 дм³.

Експериментальні показники концентрації каламутності та їх модель наведені на рис. 3.

Модель, що описує зміни каламутності з другої секунди промивки по 160 секунду – завершення промивки, наведено у вигляді рівняння (2).

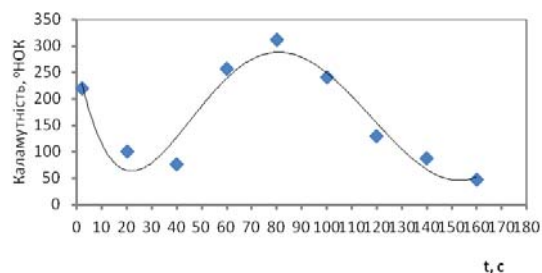


Рис. 3. Зміна каламутності в промивній воді в процесі промивки

$$C_k = 0,00000005t^5 + 0,00004t^4 - 0,0103t^3 + 1,179t^2 - 54,355t + 920, \quad (2)$$

$$C_{\Sigma} = \int_0^{160} (-0,00000005t^5 + 0,00004t^4 - 0,0103t^3 + 1,179t^2 - 54,355t + 920) dt = 7,11 \cdot 10^4 \quad (3)$$

де $C_{k \text{ заг.}}$ – концентрація каламутності за період промивки, °НОК, t – час промивки, с.

Відповідно, за період фільтроциклу фільтр затримав кількість забруднень, що обумовлюють каламутність:

$$W_{\phi} = W_{\text{промивних}} * C_{k \text{ заг.}} = 40 * 7,11 * 10^4 = 2843200 \text{ °НОК або } 1649056 \text{ мг}, \quad (4)$$

де W_{ϕ} – кількість затриманих забруднень, °НОК; $C_{\phi \text{ заг.}}$ – каламутність за період промивки, °НОК; $W_{\text{промивних}}$ – об'єм промивної води, дм^3 .

У результаті проведеного аналізу експериментальних даних визначено кількість затриманих забруднень за показником каламутності за період між промивками у контактному фільтрі у шарі пінополістирольного завантаження і в підфільтровому шарі води. Кількість затриманих забруднень становить 1649056 мг. Діаметр перерізу фільтра моделі споруди – "контактного фільтра" становить 150 мм, площа – $0,0177 \text{ м}^2$. Відповідно, при такій каламутності вихідної води, обумовленій, головним чином, ціанобактеріями, брудомісткість подібної споруди буде становити $9,6 \text{ кг/м}^2$.

У подальших дослідженнях будуть визначені оптимальні технологічні і конструктивні параметри розглянутої конструкції водоочисної станції.

Висновки

1. Контактний фільтр забезпечує меншу концентрацію залишкового алюмінію в порівнянні з існуючою на водопроводі технологією коагуляції.
2. Спрацювання активної речовини (алюмінію) коагулянту фактично повністю відбувається у контактному фільтрі Ф1.
3. Навіть при значному підвищенні швидкості фільтрації (у понад два рази більше за існуючі швидкості) досягаються концентрації залишкового алюмінію у два

де C_k – каламутність, °НОК; t – час промивки, с.

Коефіцієнт детермінації моделі $R^2 = 0,907$

Концентрацію забруднень за період промивки визначаємо за допомогою інтегрування площі криволінійної трапеції, утвореної з лінії, описаної рівнянням (2), як функцією зміни концентрацій, що обмежені у часі в період від другої секунди промивки до закінчення промивки.

Проінтегрувавши функцію зміни концентрацій, отримаємо площу криволінійної трапеції розподілу у виразі (3):

рази нижчі, ніж у діючих очисних спорудах водопроводу. У той же час зменшення швидкостей фільтрації починає істотно впливати на зменшення концентрацій залишкового алюмінію після досягнення швидкості фільтрації $1,5 \text{ м/год}$ і менше. Така залежність концентрації залишкового алюмінію від швидкості фільтрування має логарифмічний характер і описується рівнянням (1).

4. Запропонована споруда - контактний фільтр - має значну брудомісткість – близько $9,6 \text{ кг/м}^2$, що опосередковано свідчить про успішне затримання фітопланктону, як основного чинника каламутності вихідної води.
5. Фільтруюче завантаження легко регенерується шляхом зворотної промивки приблизно протягом трьох хвилин з інтенсивністю промивки близько 12 л/с м^2 , що значно менше витрат, необхідних для промивки існуючих фільтрів з цеолітовим завантаженням з інтенсивністю промивки 17 л/с м^2 на протязі 25 – 30 хвилин.

Отримані результати засвідчили, що застосування розглянутої технології дозволяє значно знизити концентрації залишкового алюмінію, запобігти потраплянню фітопланктону на швидкі фільтри та суттєво зменшити витрати промивної води. А це, у свою чер-

гу, дозволить здешевити технологічний процес, зменшити вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу і, в кінцевому результаті, покращити якість очищеної води.

Бібліографія

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" / 2010.
2. Synzynys, B. . I. Toxicology / B. . I. Synzynys, O. . T. Kharlamova, N. T. Bulanova // Lett. — 2003. — Vol. 144. — P. 126.
3. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы / И. В. Шугалей, А. В. Гарабаджуи, М. А. Илюшин, А. М. Судариков // Экологическая химия. — 2012. — Vol. 21, No. 3. — P. 172–186.

Д.В. Чарный, Е.М. Мацелюк, М.Ю. Харченко

Исследование эффективности работы контактного фильтра с пенополистирольной фильтрующей загрузкой при очистке природных поверхностных вод

Остаточный алюминий является одним из стандартных показателей качества работы водопроводных очистных сооружений. В связи с рядом взаимосвязанных факторов удерживать его нормативные концентрации в очищенной воде становится все труднее. Предложено решение, упрощающее данную задачу. Оно базируется на переоборудовании существующих сооружений - камер хлопьеобразования горизонтальных отстойников- в контактные фильтры - префильтры. После реконструкции такие сооружения способны выполнять функции контактных фильтров с коагуляцией в стесненных условиях и префильтров для задержания фитопланктона. Проведено натурное моделирование работы такой установки с применением плавающей фильтрующей загрузки. Определены зависимости концентраций остаточного алюминия от скорости фильтрования, а также грязеемкость такого комбинированного сооружения.

D.V. Charny, E.M. Matselyuk, M. Y. Kharchenko

The study of the influence of the contact filter with polystyrene filter loading on the concentration of residual aluminum during the purification of natural surface water

Residual aluminium is one of the standard indicators of the quality of water treatment facilities. Due to a number of interrelated factors to keep its regulatory concentration in purified water is becoming increasingly difficult. Proposed solution simplifies this task. It is based on the reconstruction of existing facilities - flocculation chambers horizontal tanks in contact Filters - Prefilters. After the reconstruction of such structures can serve as the contact filters, coagulation in cramped conditions and prefilters for the detention of phytoplankton. Full-scale simulation of such a facility, using the use of filter media made of foamed polystyrene granules. The dependence of the concentration of residual aluminium on the filtration rate and the dirt holding capacity of such a combined structure were defined.

УДК581.526.325 (282.247.32)

“ЦВІТІННЯ” ВОДИ НА ВОДОЗАБОРІ ДНІПРОВСЬКОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ СТАНЦІЇ

В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ, док. геогр. наук,
Інститут водних проблем і меліорації НААН,
Л.М. ЛОПАТА
ПАТ “Київводоканал”

Висвітлено основні закономірності “цвітіння” води на водозаборі Дніпровської водопровідної станції. Виявлено спалах “цвітіння” в літній період 2015 і 2016 рр., спричинений невеликою водністю Дніпра і водночас високою температурою повітря і води.

Ключові слова: “цвітіння” води, водорості, температура води, вітер, Дніпровська водопровідна станція

Вступ. “Цвітіння” води – надзвичайно поширене явище, що істотно впливає на стан води і можливість її використання, зокрема для господарсько-питного водопостачання. У разі значного розвитку “цвітіння” на водозаборі Дніпровської водопровідної станції (ДВС) її працівникам доводиться вносити корективи в технологію підготовки води і навіть збільшувати забір води з Десни і підземних джерел. Ця проблема загострилася у другій половині літа 2015–2016 рр., коли “цвітіння” досягло масштабів, якого не було кілька років.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Явище “цвітіння” води тривалий час перебуває в полі зору багатьох науковців. Зокрема йому присвячено численні праці фахівців Інституту гідробіології НАНУ [2, 4, 5, 7, 8]. У результаті виконаних досліджень, проведених переважно на водосховищах, встановлено, що це явище насамперед спричинено бурхливим розвитком синьо-зелених водоростей (ціанобактерій), кількість яких може сягати кількох мільйонів на кубічний сантиметр. Особливо значним процес “цвітіння” був у перші роки після створення водосховищ. За результатами досліджень, виконаних в останні роки, встановлено, що максимум чисельності клітин водоростей та їх біомаси спостерігається приблизно тоді, коли настає найвища температура води. Це стосується передусім синьо-зелених водоростей. Існують значні коливання не лише кількості водоростей протягом року, а й їх видового складу. Важливим є факт того, що водорості різних систематичних груп істотно різняться за біомасою: порівняно великими є діатомові, істотно меншими (у кілька десятків разів) – синьо-зелені. Так, водорості роду

Microcysts, які влітку є домінантними, належать до найменших. Через це коливання чисельності клітин водоростей істотно більші, ніж їх біомаси.

Дослідження показали, що середньорічна кількість планктонних організмів залежить від гідрометеорологічних умов: у багатоводні роки “цвітіння” зменшується, в тепліші за звичайні – зростає [2]. Причинно-наслідкові питання розвитку “цвітіння” на водозаборі ДВС висвітлено в [1]. Встановлено, що розвиток водоростей залежить від якісних показників води, які, в свою чергу, залежать від частки стоку р. Прип’ять у загальному стоці Дніпра. Коли ця частка зростає, збільшується концентрація гумусових речовин і кольоровість води. У цьому разі “цвітіння” зменшується.

Ще одним напрямком досліджень, спрямованим на оцінювання “цвітіння” води, можна вважати застосування методів дистанційного зондування Землі. Деякі результати цього напрямку висвітлено в [6]. За супутниковими знімками можна бачити, що поширення водоростей по довжині дніпровських водосховищ істотно змінюється: найменшим воно є у зонах виклинювання, найбільшим – на пригребельних ділянках. Отже, розташування водозабору ДВС у нижньому б’єфі Київської ГЕС можна вважати вдалим, адже “цвітіння” води тут значно менше, ніж нижче за течією. Про останнє свідчать також дані моніторингу кількох підприємств водоканалу, що функціонують на дніпровських водосховищах. Зокрема на водозаборі Аульської водопровідної станції, що розташований у верхньому б’єфі Дніпродзержинського водосховища, кількість клітин водоростей улітку часто перевищує 1 млн в 1 см³.

Методи досліджень. Основним джерелом даних для написання цієї статті стали дані моніторингу кількісного та якісного складу водоростей на водозаборі ДВС. Ця водозабірна споруда обладнана двома ковшами, що розташовані на правому березі Дніпра за 3,4 км нижче Київської ГЕС. Проби водоростей з поверхневого шару води відбираються тут щоденно, крім вихідних і святкових днів. Час відбору – близько 9:00. Одразу після взяття проб їх доставляють у гідробіологічну лабораторію, де виконують аналіз. Найважливіший досліджуваний показник – кількість клітин водоростей в 1 см³ води. Крім того, раз на декаду визначають видовий склад і біомасу водоростей.

Певну увагу в дослідженні приділено також гідрометеорологічним умовам, які, вочевидь, впливають на розвиток “цвітіння”. Насамперед це стосується водності Дніпра, яка фіксується у створі Київської ГЕС. Зовсім близько від неї – на греблі розташована ме-

теостанція “Вишгород”. Поряд з нею у верхньому б’єфі вимірюється температура води. Досліджуваний період охопив 2012–2016 рр., але основну увагу приділено теплову періоду 2015–2016 рр.

Гідрометеорологічні умови. За гідрометеорологічними умовами 2012–2016 рр. умовно можна поділити на дві частини. У 2012–2013 рр. водність Дніпра, а також температура повітря і води були близькими до норми. У наступні (особливо 2015–2016) роки водність виявилася значно меншою за норму, а температура – істотно вищою. При нормі середньорічних витрат у створі Київської ГЕС 1060 м³/с фактична водність становила: 2012 р. – 1070 м³/с, 2013 р. – 1480, 2014 р. – 814, 2015 р. – 486 м³/с, 2016 р. – 681 м³/с. Найменші витрати води у маловодному 2015 р. спостерігалися в липні–вересні, причому вони були у 2–2,5 рази менші за норму. Істотно меншою за звичайну виявилася водність і влітку 2016 р. (табл. 1).

**Середньомісячні витрати води у створі Київської ГЕС
протягом теплового періоду 2012–2016 рр.**

Рік	V	VI	VII	VIII	IX
2012	2390	1350	833	553	577
2013	3710	1880	978	622	635
2014	1020	956	727	460	413
2015	652	383	303	285	213
2016	1020	695	311	453	339
Норма до 2010 р.	1850	1030	801	699	625

Згаданий 2015 р. був особливим і за температурою повітря, яка в досліджуваному регіоні, так само, як і в усій Україні, виявилася найвищою за всю історію спостережень.

Зокрема аномально висока температура повітря спостерігалася в серпні і на початку вересня 2015 р., коли було побито кілька температурних рекордів (табл. 2).

**2. Середньомісячна температура повітря на метеостанції
“Вишгород” протягом теплового періоду 2012–2016 рр.**

Рік	V	VI	VII	VIII	IX
2012	18,3	20,3	23,5	20,6	16,4
2013	19,5	22,1	20,9	20,2	13,0
2014	17,1	18,6	22,6	21,8	15,4
2015	16,1	20,8	21,7	22,5	18,0
2016	15,7	21,0	22,6	21,2	16,1
Середня багаторічна	15,6	18,9	20,5	19,8	14,4

Як видно з табл. 2, неодноразово в останні роки середньомісячна температура повітря перевищувала норму на 3 °С і більше.

Протягом досліджуваного періоду вищою за норму виявилася й температура води. Її

середньомісячні значення на посту “Вишгород”, що розташований у верхньому б’єфі Київської ГЕС, вміщено в табл. 3.

3. Середньомісячна температура води протягом теплого періоду 2012–2016 рр.

Рік	V	VI	VII	VIII	IX
2012	19,4	21,4	24,8	23,2	17,9
2013	17,2	21,6	24,2	23,0	16,8
2014	17,2	20,7	23,5	24,6	18,1
2015	15,8	21,4	22,2	23,7	19,1
2016	17,0	21,8	23,9	22,8	19,4
Норма до 2010 р.	15,4	19,9	21,9	21,5	16,8

Як видно з табл. 3, особливістю 2014–2015 рр. було те, що максимальна температура води спостерігалася в серпні, а не в липні, як звичайно. Зокрема у 2014 р. найвища температура спостерігалася в першій декаді серпня (її середнє значення – 27,1 °C), у 2015 р. – у другій декаді серпня (24,6 °C).

Висвітлення основних результатів. Наявні дані на водозаборі ДВС показують, що в 2015–2016 рр. найбільша кількість водоростей (у середньому – 85,5 тис. в 1 см³) спостерігалася в серпні, дещо менша (76,9 тис. в 1 см³) – у липні (рис. 1).

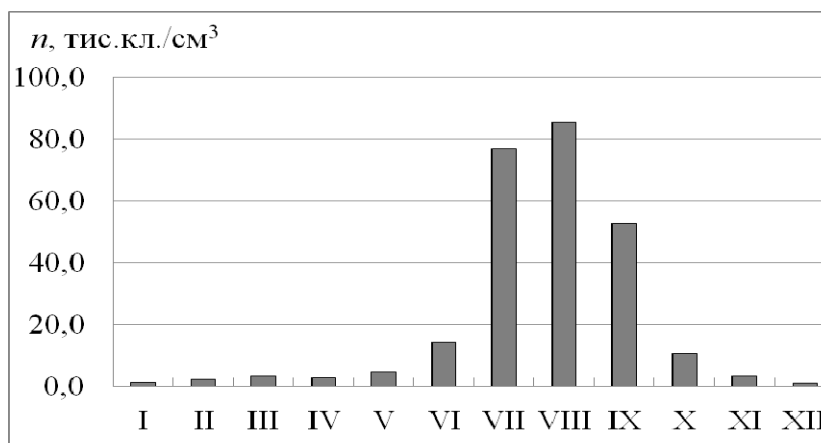


Рис. 1. Усереднений розподіл кількості клітин водоростей в 1 см³ на водозаборі ДВС протягом 2015–2016 рр.

Дані, показані на рис. 1, свідчать не лише про невелику кількість планктонних організмів узимку, а й у квітні, що помічено іншими дослідниками, причому не лише за результатами досліджень на Дніпрі [2]. Насправді, середньомісячна кількість клітин водоростей істотно змінюється в залежності від гідрометеорологічних умов. Зокрема в січні 2015 р., який виявився значно теплішим за норму із середньою температурою на метеостанції “Вишгород” мінус 0,3 °C, кількість клітин водоростей та їх біомаса були незрівнянно більшими, ніж у січні 2016 р., коли температура повітря була звичайною (мінус 5,5 °C). У першому випадку кількість клітин у середньому становила 2,3 тис., у другому – лише 0,4 тис. Відповідно істотно різними виявилися значення біомаси водоростей: відповідно 4,0 і 0,8 мг/дм³.

Найбільший інтерес, особливо в питанні водопідготовки, мають умови значного “цвітіння” води.

За наявними даними, влітку 2015–2016 рр. воно було істотно більшим за звичайне. В останнє десятиліття близьке за розвитком “цвітіння” спостерігалось лише влітку 2010 р., коли температура повітря і води також виявилися вищими за норму.

Виконані раніше дослідження [1] дозволяють вважати, що розвитку водоростей влітку 2015–2016 рр. сприяли не лише доволі висока температура і невелика водність, а й порівняно незначна кольоровість води. Протягом усього періоду 2015–2016 рр. її характерні значення становили 30–50 град., що у 2–3 рази менше ніж у середньому за багаторіччя. Те саме стосується і 2014 р.

Кількість клітин водоростей істотно залежить і від переважаючого вітру, зокрема його напрямку і сили. Загалом у досліджуваному районі у липні–серпні, коли “цвітіння” води є

найбільшим, переважає північний вітер. За даними метеостанції “Вишгород” (період 1991–2015 рр.), його повторюваність у ці місяці становить відповідно 31% і 26%. Найменшу повторюваність має вітер з південного сходу. Разом з тим для вітру притаманна значна мінливість, що, в свою чергу, позна-

чається на течії води у водосховищі, а відповідно і на кількості клітин водоростей на водозаборі ДВС. Доволі часто саме внаслідок дії вітру кількість клітин від одного дня до іншого істотно збільшується чи зменшується. Це, зокрема, видно за даними, що спостерігалися в теплий період 2016 р. (рис. 2).

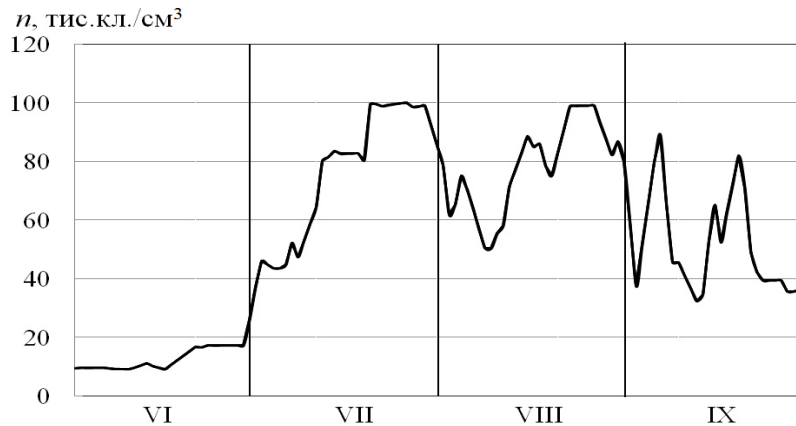


Рис. 2. Кількість клітин водоростей на водозаборі ДВС протягом теплого періоду 2016 р.

Розглянемо, для прикладу, випадок різкого збільшення кількості клітин на водозаборі ДВС протягом 29–30.06.2016. Першого дня кількість клітин становила 17,2 тис., наступного – 26,0 тис. Причиною такого збільшення став північний вітер, який зігнав водорості до Київської ГЕС і відповідно до водозабору ДВС. Подібне різке збільшення кількості клітин відбулося також 19–20.07.2016, коли їх кількість зросла з 80,6 тис. до 99,6 тис. Протилежною виявилася ситуація 1–2.08.2016, коли кількість клітин помітно зменшилася: з 78,8 тис. до 61,9 тис. У цьому разі “винуватцем” став південний вітер.

Певну роль у змінах кількості клітин відіграють й інші елементи погоди. Так, припинення стрімкого збільшення розвитку фітопланктону 4 липня 2016 р. було зумовлено різким похолоданням і настанням хмарної погоди. Прохолодною виявилася погода і 7–9 серпня, що також позначилося на кількості клітин водоростей. У ці дні їх зафіксовано істотно менше, ніж у сусідні (див. рис. 2).

Помічено також, що на кількість клітин впливає випадіння дощу – у цьому разі їх кількість зменшується. Так, дощ 18 липня 2016 р. спричинив зменшення кількості клітин водоростей приблизно на 10%.

Від гідрометеорологічних умов і життєвого циклу водоростей істотно залежить їх видовий склад протягом року. У січні за чисе-

льністю і біомасою домінують діатомові і зелені водорості, точніше – представники родів *Stephanogiscus* і *Chlamydomonas*. Крім того, доволі багато евгленових, а саме – роду *Trachelomonas*. З настанням першого тепла до числа домінантних водоростей приєднуються ще один рід діатомових – *Melosira*. У червні істотно збільшується чисельність синьо-зелених водоростей, а саме родів *Microcysts* та *Phormidium*. У другій половині літа, коли “цвітіння” води стає найбільшим, домінують синьо-зелені водорості: як за чисельністю, так і за біомасою. Найбільше в цей час водоростей роду *Microcysts*. Дещо меншою є кількість водоростей *Aphanizomenon* та *Anabaena*, яких приблизно порівну. У вересні–жовтні найбільшу чисельність мають роди *Aphanizomenon* і *Microcysts*. Утім, уже в листопаді їх чисельність різко зменшується (рис. 3).

Відмінністю отриманих результатів від описаних у праці [7] є те, що в 2015–2016 рр. під час найбільшого “цвітіння” води порівняно невеликою виявилася кількість водоростей роду *Phormidium*.

Важливим є те, що хоч синьо-зелені водорості зумовлюють значне “цвітіння” води в другій половині літа, це не супроводжується істотним збільшенням загальної біомаси, оскільки їх розмір невеликий. Як наслідок, коливання біомаси водоростей є меншим,

ніж їх чисельності. Узимку вона має порядок 1–2 мг/дм³, під час найбільшого “цвітіння” – 20–25 мг/дм³. Максимальну біомасу водоростей протягом останніх років зареєстровано 5.09.2016 – 27,1 мг/дм³.



Рис. 3. Усереднений видовий склад водоростей на водозаборі ДВС під час найбільшого “цвітіння” води у другій половині літа 2015–2016 рр.:

1 – *Microcysts*, 2 – *Aphanizomenon*,
3 – *Anabaena*, 4 – решта

Висновки. Явище “цвітіння” води, що спостерігається на водозаборі Дніпровської ДВС, істотно залежить від гідрометеорологічних умов. Значне “цвітіння” води, зафіксоване у другій половині літа 2015–2016 рр., було зумовлено поєднанням невеликої водності Дніпра, високої температури повітря і води, а також меншою, ніж звичайно, кольоровістю води. Концентрація клітин водоростей під час їх масового розвитку може сягати 100 тис. в 1 см³. Узимку кількість клітин істотно менша і також істотно залежить від гідрометеорологічних умов. Найчисельнішими під час максимуму “цвітіння” є синьо-зелені водорості: представники родів *Microcysts*, а також *Aphanizomenon* та *Anabaena*. Існують значні коливання чисельності водоростей не лише в окремі сезони, а й в окремі дні, що зумовлено погодними умовами, зокрема напрямком і силою вітру, хмарністю неба, випадінням дощу та ін.

Бібліографія

1. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.
2. Задорожна Г.М., Щербак В.І. Вплив сонячної радіації і температури води на розвиток фітопланктону Канівського водосховища // Гидробиол. журнал. – 2016. – Т. 5. № 52. – С. 18–27.
3. Корнева Л.Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. д-ра биол. наук. – Спб., 2009. – 47 с.
4. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / Л.А. Сиренко, И.Л. Корелякова, Л.Е. Михайленко и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 232 с.
5. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
6. Шевчук С.А., Вишневський В.І., Шевченко І.А. Використання даних ДЗЗ для встановлення екологічного стану Дніпровських водосховищ // Праці Центральної геофізичної обсерваторії. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2014. – Вип. 10 (24). – С. 72–78.
7. Щербак В.І., Задорожная А.М. Сезонная динамика фитопланктона киевского участка Каневского водохранилища // Гидробиол. журнал. – 2013. – Т. 49. № 2. – С. 28–38.
8. Щербак В.І., Майстрова Н.В. Фітопланктон Київської ділянки Канівського водосховища та чинники, що його визначають. – К.: Ін-т гідробіології НАНУ, 2001. – 70 с.

В.И. Вишневский, Л.М. Лопата

"Цветение" воды на водозаборе Днепровской водопроводной станции

Освещены основные закономерности “цветения” воды на водозаборе Днепровской водопроводной станции. Выявлен скачок “цветения” в летний период 2015 и 2016 гг., вызванный небольшой водностью Днепра и одновременно высокой температурой воздуха и воды.

V.I. Vyshnevskiy, L.V. Lopata

Bloom of water on the water intake of the Dnipro water processing station

It was shown the main peculiarities of water bloom on Dnipro water processing station. It was identified the jump of bloom during summer 2015 and 2016 caused by a small water runoff of the Dnipro river and simultaneously by high air and water temperature.

УДК 628.1/3.067

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИСХІДНОГО ФІЛЬТРУВАННЯ ВОДИ НА ФІЛЬТРАХ З ПЛАВАЮЧИМ БАГАТОШАРОВИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ

О.В. ПЕТРОЧЕНКО,

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Наведено результати досліджень процесу висхідного фільтрування води через плаваюче фільтрувальне завантаження водоочисних споруд. Встановлено основні параметри багатошарового плаваючого фільтрувального завантаження та режими фільтрування, які забезпечують підвищення ефективності процесу очищення води за рахунок збільшення питомої брудомісткості фільтрувального завантаження та тривалості фільтроциклу.

Ключові слова: водоочисні споруди, зернисті фільтри, плаваюче фільтрувальне завантаження, висхідне фільтрування, питома брудомісткість фільтра, тривалість фільтроциклу

Проблема та її актуальність. Фільтрування вихідної води на зернистих фільтрах – найбільш поширений та дешевий спосіб її очищення в системах питного і господарського водопостачання. По типу завантаження зернисті фільтри поділяються на фільтри з важким завантаженням, у яких щільність зерен перевищує щільність води, і фільтри з плаваючим завантаженням. По напрямку руху потоку води при її фільтруванні розрізняють фільтри з низхідним і висхідним фільтруванням. По кількості фільтрувальних шарів зернисті фільтри бувають одношарові і багатошарові. У попередні роки розроблювали та впроваджували різні конструкції водоочисних споруд із зернистими фільтрами. Ці конструкції та їх окремі елементи постійно вдосконалюються [1-3]. Одним із перспективних напрямів вдосконалення зернистих фільтрів є пошук та наукове обґрунтування нових технічних рішень плаваючих багатошарових фільтрів із висхідним фільтруванням води.

Як відомо [1], тривалість фільтроциклу, тобто час роботи фільтра між його промивками, залежить від робочої питомої брудомісткості фільтра $\Delta G_{бр}$, кг/м², що дорівнює різниці між його максимальною і мінімальною питомими брудомісткостями в межах, між якими забезпечується нормативна якість фільтрованої води.

Отже, для збільшення тривалості фільтроциклу і зменшення експлуатаційних витрат на фільтрування води потрібно дослідити доцільність застосування багатошарового плаваючого фільтрувального завантаження.

Мета досліджень – обґрунтувати технічні

рішення висхідного фільтрування води на багатошарових плаваючих зернистих фільтрах водоочисних споруд та дослідити ефект збільшення брудомісткості плаваючих багатошарових фільтрів.

Результати теоретичних досліджень. Пошук перспективних конструктивних рішень зернистих фільтрів доцільно здійснювати шляхом їх формування з окремих складових технічних рішень очистки води (рис. 1), аналіз яких свідчить про таке:

- плаваюче фільтрувальне завантаження має переваги перед важким, оскільки між рухомими плаваючими зернами значно швидше і повніше відбувається коагуляція завислих у воді речовин, а також на плаваючому фільтрі створюються кращі умови для його промивки в кінці фільтроциклу;

- висхідне фільтрування краще за низхідне, оскільки у ньому поєднуються два технологічних процеси – осадження бруду силами гравітації і фільтрування;

- багатошарові фільтри мають більшу брудомісткість і більший фільтроцикл.

Шляхом комбінації окремих складових технічних рішень розглянуто вісім технічних рішень очистки води на зернистих фільтрах, які займають певне місце у рейтинговому ряду (рис. 1). Найгірші показники має технічне рішення з умовним позначенням *bde*, а найкращі показники має технічне рішення з умовним позначенням *acf* (рис. 1). Інші варіанти комбінації окремих складових технічних рішень займають проміжні позиції у їхньому рейтинговому ряду на рис. 1.

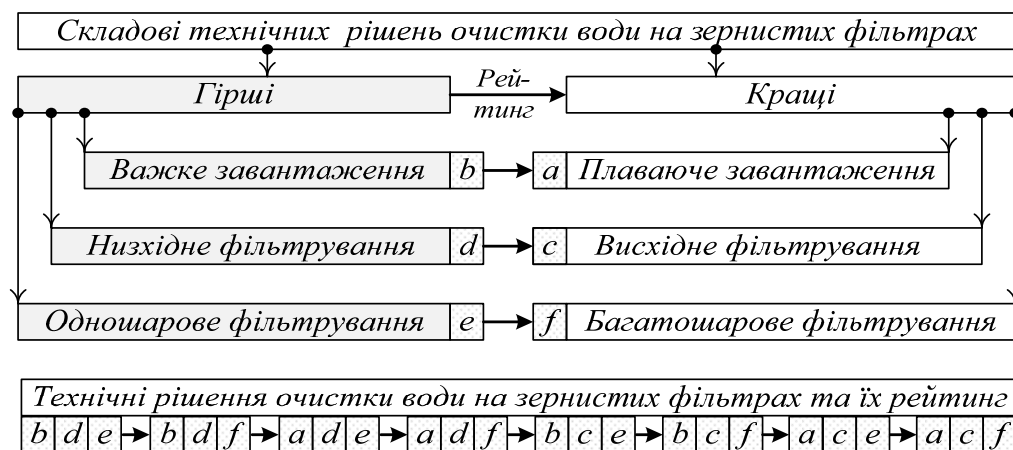


Рис. 1. Схема утворення варіантів технічних рішень очистки води на зернистих фільтрах та оцінювання їх рейтингу

Проте найбільш перспективне технічне рішення *acf* (рис. 1) на практиці поки що не реалізовано. Це пояснюється особливістю технології виготовлення зерен пінополістиролу, який є основним матеріалом плаваючого фільтрувального завантаження. Зерна пінополістиролу отримують шляхом спінування вихідної фракції полістиролу (бісеру). З напівпрозорого склоподібного бісеру полістиролу діаметром від 0,2 мм і початковою щільністю 1060 кг/м³ утворюють зерна пінополістиролу діаметром від 0,3 мм до 10 мм. Очевидно що щільність зерен бісеру полістиролу при спінуванні зменшується пропорційно кубу величини збільшення їх діаметра. Тому у фільтрувальній камері очисної установки зерна пінополістиролу більшого діаметра, маючи меншу щільність, мимовільно займають верхній шар плаваючого фільтрувального завантаження, а за умовою забезпечення висхідного фільтрування повинно бути навпаки. Через це в очисних спорудах з по-

ліфракційним плаваючим фільтрувальним завантаженням на практиці застосовують недостатньо ефективне низхідне фільтрування вихідної води (варіант *adf*) [4, 5].

Нами встановлена технологічна можливість застосування висхідного фільтрування води на багатошарових плаваючих зернистих фільтрах (варіант *acf*, рис. 1) за двома варіантами:

За першим варіантом така можливість досягається встановленням у фільтрувальних камерах водоочисних споруд між шарами плаваючих зерен розділових решіток жорсткої або гнучкої конструкції [6, 7].

За другим варіантом встановлені критерії, за якими фільтрувальні зерна меншого розміру спливають у воді швидше фільтрувальних зерен більшого розміру. За цими критеріями забезпечується мимовільне утворення і розміщення у фільтрувальних камерах водоочисних споруд фільтрувальних шарів із зерен меншого розміру вище фільтрувальних шарів із зерен більшого розміру. Такими критеріями є:

$$\rho_{i+1} < \rho - \left(\frac{d_i}{d_{i+1}} \right)^2 (\rho - \rho_i) \quad (1) \quad \text{або} \quad d_{i+1} > d_i \sqrt{\frac{\rho - \rho_i}{\rho - \rho_{i-1}}}, \quad (2)$$

де d_i – діаметр i -го (більшого) зерна, м; ρ_i – щільність матеріалу i -го зерна, кг/м³; d_{i+1} – діаметр $(i+1)$ -го (меншого) зерна, м; ρ_{i+1} – щільність матеріалу $(i+1)$ -го зерна, кг/м³; ρ – щільність води, кг/м³.

Методика та результати експериментальних досліджень. Експериментальні дослідження з визначення ефекту збільшення брудомісткості багатошарових фільтрів порівняно з одношаровими виконували на фільтрувальній установці, схема якої показана на рис. 2.

Для можливості виконання достатньої кількості дослідів за обмежений період часу трива-

лість фільтроциклів скорочували, для цього вихідну водопровідну воду забруднювали процідженим через сито глинистим мулом. У дослідженнях автор використовував зерна пінополістиролу, параметри яких наведені у табл. 1. Зерна пінополістиролу засипали в гнучкі контейнери (сітки), а потім контейнери укладали у фільтрувальну камеру установки (рис. 2).

1. Параметри фільтрувальних шарів пінополістирольного завантаження

Показники	Од. виміру	Варіанти фракцій зерен пінополістиролу		
		№1 ($\lambda=1$)	№2 ($\lambda=2$)	№3 ($\lambda=3$)
Діаметр зерен, d_f	мм	6,0...8,0	2,0...4,0	0,4...0,6
Товщина фільтрувального шару, h_f	м	0,64	0,58	0,51
Об'єм завантаження, V_f	дм ³	20,0	18,0	16,0
Пористість, m_f	—	0,43	0,41	0,37
Розмір чарунок контейнера (сітки)	мм×мм	4,5×4,5	1,5×1,5	0,3×0,3

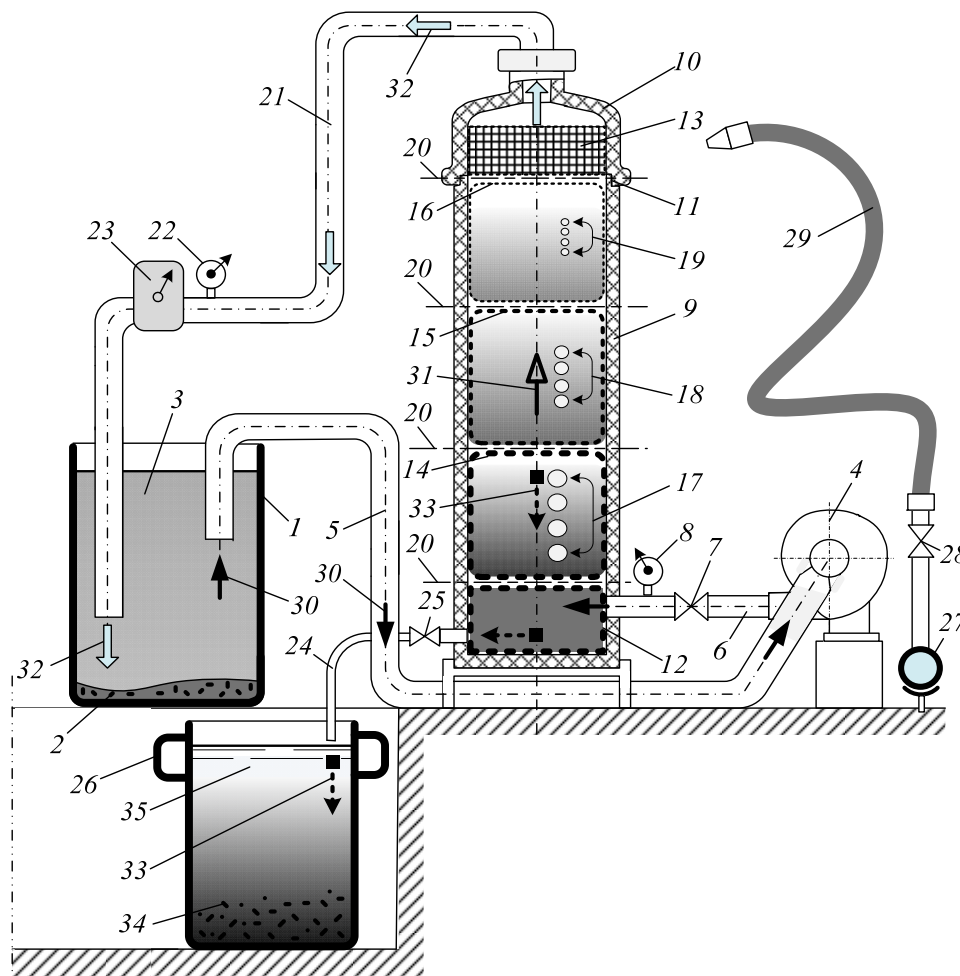


Рис. 2. Схема визначення на експериментальній фільтрувальній установці брудомісткості плаваючого фільтрувального завантаження залежно від його параметрів:

1 – резервуар із забрудненою водою; 2 – забруднюючий мул; 3 – забруднена вода; 4 – насос; 5 і 6 – всмоктувальний і напірний трубопроводи подачі забрудненої води; 7 – засувка; 8 – манометр; 9 – корпус фільтрувальної колони; 10 – ковпак фільтрувальної колони; 11 – різбове з'єднання ковпака з корпусом фільтрувальної колони; 12 – донна об'ємна решітка; 13 – сітчастий фільтр; 14, 15 і 16 – сітчасті фільтрувальні контейнери з плаваючим фільтрувальним завантаженням; 17, 18 і 19 – зерна плаваючого фільтрувального завантаження різної крупності; 20 – границі між фільтрувальними контейнерами; 21 – трубопровід відведення очищеної води; 22 – манометр; 23 – витратомір; 24 – шланг виведення промивної води з осадам; 25 – вентиль; 26 – резервуар прийому промивної води з осадам; 27 – водопровідна мережа; 28 – вентиль; 29 – шланг подачі промивної води; 30 – напрям руху забрудненої води до фільтрувальної колони; 31 – напрям фільтрування забрудненої води; 32 – напрям руху очищеної води; 33 – напрям руху промивної води з осадам; 34 – промивна вода з високим вмістом осаду; 35 – промивна вода, освітлена після відстоювання

Для забезпечення ламінарного режиму руху води обиралась швидкість фільтрування v_ϕ , яка дорівнювала критичній швидкості $v_{кр}$, визначеній для параметрів третього фільтрувального шару за формулою М.М. Павловського:

$$v_\phi = v_{кр} = \frac{(0,75m_3k_3 + 0,23)Re_{кр} \nu}{d_3} = 0,0036 \text{ м / с} = 13 \text{ м / год} , \quad (3)$$

де m_3 – пористість третього (верхнього) фільтрувального шару; $k_3=0,1$ – гранично допустимий коефіцієнт зменшення пористості верхнього фільтрувального шару внаслідок його забруднення; $Re_{кр}=7\ldots 9$ – число, аналогічне числу Рейнольдса згідно дослідженням М.М. Павловського; ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості води, $\text{м}^2/\text{с}$; d_3 – діаметр зерен верхнього фільтрувального шару, м .

У подальших дослідах швидкість фільтрування приймалась однаковою і складала $v_\phi=v_{кр}=13\text{м/год}$. Для цього забезпечували постійною витрату Q_ϕ відфільтрованої води, що фіксувалась витратоміром 23 (рис. 2), шляхом регулювання величини Q_ϕ за допомогою засувки 7:

$$Q_\phi = v_{кр} \pi d_\phi^2 / 4 = 13 \times 3,14 \times 0,2^2 / 4 = 0,41 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4)$$

де d_ϕ – внутрішній діаметр фільтрувальної колони, м .

Фільтрування забрудненої води досліджували для трьох варіантів фільтрувального завантаження (табл. 1): одношарове, $\lambda=3$ (№3); двошарове, $\lambda=2$ (№3+№2); тришарове, $\lambda=1$ (№3+№2+№1). Фільтрування проводили у прив'язці до єдиного критерію оцінки якості очищеної води, за який був прийнятий показник сухого залишку $[y]=1473 \text{ мг/дм}^3$ у водопровідній воді, визначений на початку досліджень згідно [8]. До складу сухого залишку ввійшли як розчинені у воді мінеральні речовини, так і завислі пластівці нероз-

чинних речовин. Подальші дослідження проводили за критерієм досягнення якості очищеної води не нижче якості водопровідної води ($y \leq [y]=1473 \text{ мг/дм}^3$). Для визначення граничних точок 5 (початок фільтрування) і 6 (закінчення фільтрування) були побудовані для кожного λ -го варіанта фільтра графіки 2 (рис. 3) залежності $y=\Phi(\Delta p)$ по експериментальних точках $y_j(\Delta p_j)$, які визначали згідно [8]:

$$y_j = (M_2 - M_1) / V_{\text{H}_2\text{O}} , \text{ г/дм}^3 , \quad (5)$$

де M_2 – маса порцелянової чашки з сухим залишком після випаровування води, г ; M_1 – початкова маса порцелянової чашки, г ; $V_{\text{H}_2\text{O}}$ – об'єм аналізованої води, дм^3 .

Залежність $y=\Phi(\Delta p)$ була апроксимована довірчою параболою виду:

$$y = U_0 + U_1 \Delta p + U_2 \Delta p^2 . \quad (6)$$

Коефіцієнти U_0 , U_1 і U_2 знаходили за методом найменших квадратів:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_2 \sum_{j=1}^n \Delta p_j^4 + U_1 \sum_{j=1}^n \Delta p_j^3 + U_0 \sum_{j=1}^n \Delta p_j^2 = \sum_{j=1}^n \Delta p_j^2 y_j ; \\ U_2 \sum_{j=1}^n \Delta p_j^3 + U_1 \sum_{j=1}^n \Delta p_j^2 + U_0 \sum_{j=1}^n \Delta p_j = \sum_{j=1}^n \Delta p_j y_j ; \\ U_2 \sum_{j=1}^n \Delta p_j^2 + U_1 \sum_{j=1}^n \Delta p_j + U_0 n = \sum_{j=1}^n y_j . \end{array} \right. \quad (7)$$

Оптимальне значення втрати напору Δp^{opt} (точка 3 на рис. 3), за яким забезпечується найбільш якісне очищення води, визначали за умови:

$$\frac{\partial y}{\partial \Delta p} = 0 , \text{ звідки } \Delta p^{opt} = - \frac{U_1}{2U_2} . \quad (8)$$

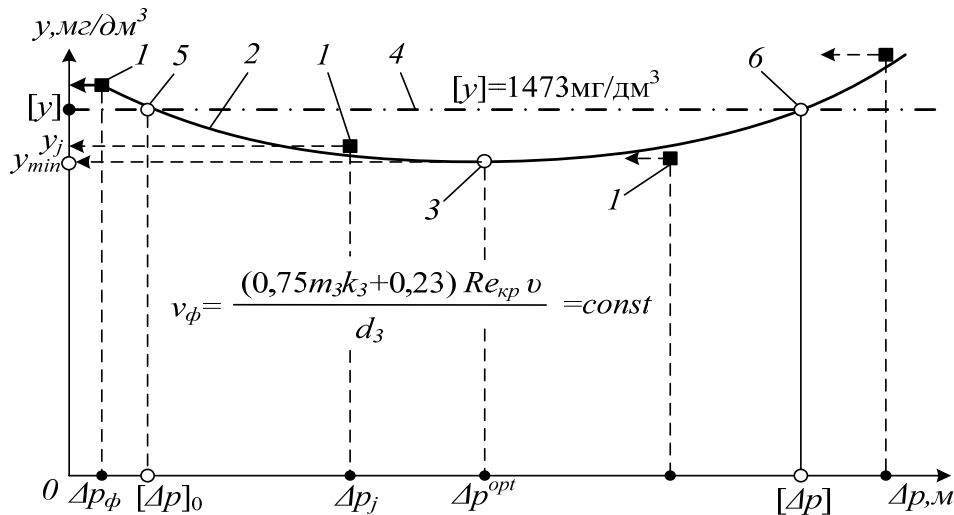


Рис. 3. Схема визначення граничних точок процесу фільтрування води:

1 – експериментальні точки функції $y = \Phi(\Delta p)$; 2 – графік функції y ; 3 – екстремум функції y ; 4 – межа нормативного значення y ; 5 і 6 – нижня і верхня гранична точка процесу фільтрування

Координати точок 5 і 6 перетину кривої 2 лінії 4, яка відображає показник вмісту сухого залишку $[y] = 1473 \text{ мг/дм}^3$ у воді, що бралась з водопроводу, знаходили шляхом підставлення у рівняння (6) значення $y = [y]$:

$$\Delta p_{(5)} = \frac{-U_1 - \sqrt{U_1^2 - 4U_2(U_0 - [y])}}{2U_2}; \quad (10) \quad \Delta p_{(6)} = \frac{-U_1 + \sqrt{U_1^2 - 4U_2(U_0 - [y])}}{2U_2}. \quad (11)$$

У дослідженнях за критеріальну точку закінчення процесу фільтрування приймали точку 6, що забезпечувало однакові умови для порівняння варіантів фільтрів з плаваючим завантаженням: $v_\phi = v_{kp} = 13 \text{ м/год}$; $Q_\phi = 0,41 \text{ м}^3/\text{год}$; $y = [y] = 1473 \text{ мг/дм}^3$.

По закінченню кожного циклу фільтрування з фільтрувальної колони в резервуар 26 (рис. 2) випускали забруднену воду. Після цього фільтрувальну колону розбирали. Контейнери 14, 15 і 16 із зернами пінополістиролу 17, 18 і 19 ретельно промивали в окремих резервуарах. Увесь об'єм V_λ промивної води зливали в резервуар 26 та перемішували міксером. З об'єму води V_λ брали пробу об'ємом

$$U_2 \Delta p^2 + U_1 \Delta p + (U_0 - [y]) = 0. \quad (9)$$

Шукану координату $\Delta p_{(5)}$ точки 5 і координату $\Delta p_{(6)}$ точки 6 визначали шляхом знаходження коренів квадратного рівняння (9):

V_{H_2O} та визначали вміст сухого залишку y_λ за формулою (5) згідно (8). Масу сухого залишку M_λ у об'ємі води V_λ визначали за формулою:

$$M_\lambda = 10^{-3} y_\lambda V_\lambda, \text{ кг}, \quad (12)$$

де y_λ – вміст сухого залишку у забрудненій воді для λ -го завантаження, г/дм³.

Брудомісткість λ -го типу фільтрувального завантаження визначали:

$$G_{бр\lambda} = 4M_\lambda / \pi d_\phi^2, \text{ кг/м}^2. \quad (13)$$

Результати експериментальних дослідів після їх обробки наведені у табл. 2.

2. Результати експериментальних досліджень питомої брудомісткості фільтра

Показники	Од. виміру	Варіанти завантаження пінополістиролу		
		$\lambda=1$ (№1+№2+№3)	$\lambda=2$ (№2+№3)	$\lambda=3$ (№3)
Втрата напору критична, $\Delta p_{(6)\lambda}$	м	182	163	157
Маса сухого залишку, M_λ	кг	0,741	0,464	0,245
Брудомісткість фільтра, $G_{бр\lambda}$	кг/м ²	23,6	14,8	7,8
Ефект збільшення брудомісткості	—	3,0	1,9	1,0

Висновки. Найбільш ефективним варіантом очищення води на зернистих фільтрах є висхідне фільтрування на багатошаровому плаваючому завантаженні.

Технологічна можливість застосування висхідного фільтрування на багатошаровому плаваючому фільтрі досягається двома шляхами: встановленням у фільтрувальних камерах водоочисних споруд між фракціями плаваючих зерен розділових решіток жорсткої або гнучкої конструкції; врахуванням критеріїв вибору параметрів, за якими фільтрувальні зерна меншого розміру спливають у воді

швидше фільтрувальних зерен більшого розміру і мимовільно утворюють у фільтрувальних камерах водоочисних споруд верхні фільтрувальні шари.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що брудомісткість та тривалість фільтроциклу одношарового пінополістирольного фільтра можна збільшити у 2 рази, якщо нижче встановити другий фільтрувальний шар із зерен більшого розміру, і у 3 рази, якщо застосувати тришаровий плаваючий фільтр.

Бібліографія

1. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий Ресурсозберігаючі технології водопостачання. – К.: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
2. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах / М.Г. Журба. – Львов: Вища школа, 1980. – 200 с.
3. Koy-Ging. Filterability study on secondary effluent filtration / Koy-Ging. – Journal of the Sanitary Engineering Division. Proc. Amer. Soci. of Civ. Eng., 1972, v. v. 98, NSA 3.
4. Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры / М.Г. Журба. – М.: Стройиздат, 1992. – 176 с.
5. Журба М.Г. Водоочистные фильтры с плавающей загрузкой. Научное издание / М.Г. Журба. – М.: – 2001. – 536 с.
6. Патент України на корисну модель №102063. Спосіб очистки води в системах водопостачання / Петроченко О.В. – Опубл. 12.10.2015, бюл. №19.
7. Патент України на корисну модель №105189. Береговий водозабір / Петроченко О.В. – Опубл. 10.03.2016, бюл. №5.
8. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Затверджено Міністерством економічного розвитку і торгівлі України. Наказ від 23 жовтня 2014 року № 1257.

А.В. Петроченко

Исследование процесса восходящего фильтрования воды на фильтрах с плавающей многослойной загрузкой

Приведены результаты исследований процесса восходящей фильтрации воды через плавающую фильтровальную загрузку водоочистных сооружений. Установлены основные параметры многослойной плавающей фильтровальной загрузки и режимы фильтрования, обеспечивающие повышение эффективности процесса очистки воды за счет увеличения удельной грязеемкости фильтровальной загрузки и продолжительности фильтроцикла.

O.V. Petrochenko

Research of the process of upward water filtration at the filters with floating multilayer media

The research results of the process of upward water filtration through the floating filter media of water treatment facilities are presented. It was determined the main parameters of multilayer floating filter media and filtration modes, which ensure the raising of efficiency of water purification process due to an increase in the specific dirt-holding capacity of the filter media and the duration of the filter cycle.

УДК 504.45: 556.1(477.87)

ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧОК ТИСА-ТУР**Ю.Ю. БАНДУРОВИЧ,****А.В. ФАНДАЛЮК,** канд. с.-г. наук,

Закарпатська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»

Е.Й ОСІЙСЬКИЙ,

Басейнове управління водних ресурсів річки Тиса

М.П. СКОБЛЕЙ

Державна екологічна інспекція Закарпатської області

Розглянуто результати аналізу якості води річок басейну Тиса – Тур за комплексною екологічною оцінкою, яка включає фізико-хімічні елементи якості поверхневих вод, кисневий режим, водневий показник (рН), масову концентрацію іонів амонію, нітрит- та нітрат-іонів, загального азоту, розчинених ортофосфатів, загального фосфору і важких металів (кадмій, свинець, нікель) За результатами проведених аналітичних гідрохімічних досліджень та оцінок хімічних елементів якості відповідно до Транснаціональної моніторингової мережі МКЗРД добрий хімічний стан у пункті моніторингу має р. Ботар, вище с. Новоселиця, витік («референційні» умови). Найменш забрудненими є притоки р. Холт, с. Хижа та р. Млиновиця, вище с. Черна, а найбільш забрудненою є р. Вештеге біля смт. Королево.

Ключові слова: якість води, басейн річки, поверхневі води, кисневий режим, нітрати, фосфати, важкі метали

Постановка проблеми. Погіршення якості поверхневих водних джерел є однією з актуальних екологічних проблем на терені України. У результаті антропогенного впливу відбувається забруднення і засмічення водних екосистем і, як наслідок, зменшення їх самоочисної і самовідновної функцій, що призводить до подальших деградаційних процесів. Особливого тиску зазнають водозбори малих і середніх річок. У зв'язку з цим важливим є проведення моніторингу змін показників якості води з метою розробки подальших заходів із екологічного оздоровлення басейну р. Тиса [1, 2].

У межиріччі річок Тиса – Тур у кінці 19 століття побудована Батарська меліоративна система як єдина об'єднана система, що базується на загальних принципах. У 1920 р. територія була поділена кордонами й кожна частина системи управлялася окремо від інших. На сьогодні ця система залишається поділеною між трьома державами у такій пропорції: Угорщина – 53 %, Україна – 35 %, Румунія – 12 %. На території не застосовується інтегроване управління водними ресурсами, що негативно позначається на біорізноманітті та можливості пропуску паводків і оптимізації водопостачання.

Мета роботи – комплексно оцінити та намітити шляхи подальшого розвитку використання водних ресурсів у межиріччі річок Тиса – Тур, що дасть змогу більш ефективно використовувати останні, збільшити економічний потенціал

даної зони, намітити найбільш стратегічно важливі напрямки майбутнього економічного розвитку цього регіону Закарпаття.

Об'єктом досліджень є водні ресурси на території Батарської меліоративної системи, що становить собою частину багатокомпонентної динамічної системи. Загальна площа межиріччя у межах України становить 280 км². Водними об'єктами межиріччя Тиси і Туру є р. Ботар з його притоками – Ботарч, Егер, Млиновиця, Плешка, Вештеге, Холт та ставком біля с. Гудя, а також канал Паладь. Усього виділено 13 водних тіл, у тому числі 10 річкових (природних) та 3 штучних. Річка (канал) Ботар — ліва притока р. Тиси (басейн Дунаю) довжиною 53 км з площею водозбірного басейну 393 км² і середнім похилом 8,9 %. Використовується на зрошення. Річка бере початок із джерел на схилах гори Фрасин. Впадає у Тису на південь від смт. Виллох. У пониззі річкою Ботар проходить українсько-угорський кордон.

Предметом досліджень є еколого-економічні аспекти раціонального використання водних ресурсів Батарської меліоративної системи.

Методика проведення досліджень. Мережа моніторингу складається з точок (пунктів), вибраних для різних типів поверхневих водоем у рамках кожного екорегіону. Для кожного водного тіла, виділеного у межиріччі Тиса – Тур, з метою проведення контролю якості поверхне-

вих вод встановлено контрольний створ. Враховуючи критерії до вибору точок моніторингу запропоновано 13 точок, у яких здійснюався

контроль якості поверхневих вод. Перелік водних об'єктів та встановлених для них точок моніторингу наведено у табл. 1.

1. Пункти моніторингу межиріччя річок Тиса – Тур, 2013 - 2015 рр.

	Водний об'єкт	Пункт
1	Ботар	вище с. Новоселиця, витік (ВО 1)
2	Ботар	нижче с. Новоселиця (ВО 2)
3	Ботар	нижче с. Черна (ВО 3)
4	Старий Ботар	нижче с. Пийтерфолво (ВО 4)
5	Млиновиця	вище с. Черна (ВО 5)
6	Плешка	нижче с. Черна (ВО 6)
7	Вештеге	сmt. Королево (ВО 7)
8	Холт	с. Хижа (ВО 8)
9	Ботарч	с. Холмовець (ВО 9)
10	Егер	с. Оклі (ВО 10)
11	Паладь	с. Велика Паладь (ВО 11)
12	Ставок	с. Гудя (ВО 12)
13	Новий Ботар	с. Пийтерфолво (ВО 13)

При визначенні фізико-хімічних елементів якості поверхневих вод вивчали кисневий режим, водневий показник (рН), масову концентрацію іонів амонію, нітрит-іонів, нітрат-іонів, загального азоту, розчинених ортофос-

фатів загального фосфору і важких металів (кадмій, свинець, нікель). Аналітичні роботи проводили за загальноприйнятими методиками (табл. 2).

2. Методи та методики виконання вимірювань фізико-хімічних елементів у поверхневих водних об'єктах

Показники	Одиниці виміру	Методи виконання вимірювань	Принцип визначення	Точність визначення
Кисень/режим біогенів				
Розчинений кисень	мг/дм ³	МВВ 081/12-0008-01	титрування	10-25%
Насичення киснем	%	-	розрахунок	-
БСК ₅	мг/дм ³	МВВ 081/12-0014-01	титрування	5-27%
ПО (КМnO ₄)	мг/дм ³	МВВ 081/12-0016-01	титрування	11-32%
БО (К ₂ Cr ₂ O ₇)	мг/дм ³	МВВ 081/12-0019-01	титрування	14-65%
рН	од. рН	ДСТУ 4077-2001	скляним електродом (електрометрія)	0,1од. рН
Мінералізація	мг/дм ³	КНД 211.1.4.042-95	гравіметрично	5,0-50,0
Температура	°С	СЭВ, ст.642-643	Термометр ТЛ 2М	1,0°С
Азот амонійний (NH ₄)	мг/дм ³	/12-0106-03	спектрофотометрія	0,01-0,10
Азот нітритний (N)	мг/дм ³	КНД 211.1.4.023-95	спектрофотометрія	0,009-0,100
Азот нітратний (N)	мг/дм ³	КНД 211.1.4.027-95	спектрофотометрія	0,11-0,90
Загальний азот (N)	мг/дм ³	РД 52.24.13-84	спектрофотометрія	10-44%
Ортофосфати (PO ₄)	мг/дм ³	МВВ 081/12-0005-01	спектрофотометрія	10-25%
Загальний фосфор (P)	мг/дм ³	МВВ 081/12-0018-01	спектрофотометрія	10-25%
Важкі метали (загальні)				
Ртуть	мкг/дм ³	СЭВ, УМИКВ ст.102	ААС (метод холодного пару)	42-56%
Свинець	мкг/дм ³	МВВ 081/12-0414-07	ААС (полуменева атомізація)	21%
Кадмій	мкг/дм ³	МВВ 081/12-0455-07	ААС (полуменева атомізація)	16-31%
Нікель	мкг/дм ³	МВВ 081/12-0649-09	ААС (полуменева атомізація)	18-25%

Для оцінки даних транскордонного моніторингу та загальної оцінки якості води була розроблена схема класифікації, яка служить виключно для представлення плинного статусу та трендів зміни якості води р. Дунай (тобто вона не розглядається як засіб для імплементації національної політики у водному секторі). У цій класифікації для оцінки використовують 5 класів, при цьому в якості цілого служить максимальне значення класу II. Клас I має представляти референтні умови або фонові концентрації.

Для ряду показників встановити реальні референтні значення неможливо в зв'язку з наявністю в басейні р. Дунай великої кількості типів водних об'єктів, які відрізняються за фізико-хімічними характеристиками внаслідок різних природних умов. Для інгредієнтів антропогенного походження в якості максимального значення для класу I встановлено поріг визначення або мінімальний рівень. Класи III-V знаходяться «за межами» частини класифікації і їх максимальні значення перевищують контрольні у 2 – 5 раз. Вони повинні відображати величину перевищення цілого значення і допомагають встановити позитивну тенденцію зміни якості води. Для поставленого тестування слід використати значення 90-відсоткової забезпеченості, із них як мінімум 11 вимірювань для конкретного року.

Обробка даних, одержаних у ході реалізації програми транскордонного національного моніторингу, включає розрахунок деяких статистичних характеристик класифікації якості води для кожного показника/точки моніторингу/. Міжнародна комісія із захисту річки Дунай (МКЗРД) пропонує оцінювати хімічну складову якості води по 5 класах за критеріями, на відміну від існуючої в Україні «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод суші», що передбачають 5 класів та 7 категорій, але, враховуючи що названий документ не є повністю легітимним, а також те, що Тиса є транскордонною і знаходиться у межах Дунайського водозбору, використання значень забруднюючих речовин у межах відповідних класів вбачається цілком прийнятним [3, 4, 5].

Результати досліджень. Органічні речовини (розчинений кисень (O_2), біохімічне споживання кисню (BCK_5), перманганатна окиснюваність (ПО), хімічне споживання кисню (БО) надходять через природні та антропогенні джерела забруднення. Природними джерелами забруднення є ерозія ґрунтів, маловодність, мертва

флора та фауна, антропогенними – речовини, що надходять до водних об'єктів у процесі діяльності людини. Концентрація органічних речовин особливо збільшується в літній-меженний період. Поживні речовини (азот амонійний, азот нітритів та нітратів, фосфор фосфатів, загальний фосфор надходять від точкових джерел забруднення, сільського господарства і дифузних джерел (поверхневого стоку).

Оцінювання водних об'єктів межиріччя річок Тиса – Тур відповідно до вимог Водної рамкової директиви (ВРД) ЄС та вимог Міжнародної комісії з захисту річки Дунай (МКЗРД) показало такі результати:

ВО 1 Ботар, витік, с. Новоселиця. Якість води в р. Ботар, с. Новоселиця, витік за органічними (BCK_5 , ПО, БО, O_2) і поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, N (заг.), $P-PO_4$, $P_{(заг.)}$) належить до 1-класу.

ВО 2 Ботар, нижче с. Новоселиця. Якість води в р. Ботар, нижче с. Новоселиця, за органічними речовинами (ПО, БО, O_2) – 1-й клас, за BCK_5 – 2-й клас, поживними речовинами ($N-NH_4^+$, N(заг.), $P-PO_4$, $P_{(заг.)}$) належить до 1-класу, за $N-NO_2^-$ – 2-й клас.

ВО 3 р. Ботар, нижче с. Черна. Якість води в р. Ботар, нижче с. Черна за органічними речовинами (ПО, БО, O_2) – 1-й клас, за BCK_5 – 2-й клас, поживними речовинами ($N-NH_4^+$, N(заг.) належить до 1-го класу, за $N-NO_2^-$, $P-PO_4$, $P_{(заг.)}$ – 2-й клас.

ВО 4 Старий Ботар, нижче с. Пийтерфолво. Якість води в р. Старий Ботар, нижче с. Пийтерфолво за органічними речовинами (BCK_5 , ПО, БО, O_2) – 2-й клас, за водневим показником рН – 1-й клас, поживними речовинами $N-NH_4^+$, N(заг.) належить до 1-го класу, за $N-NO_2^-$, $P-PO_4$, $P_{(заг.)}$ – 2-й клас.

ВО 5 Млиновиця, вище с. Черна. Якість води в р. Млиновиця, вище с. Черна за органічними (BCK_5 , ПО, БО, O_2), поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, N(заг.), $P-PO_4$, $P_{(заг.)}$) належить до 1-го класу.

ВО 6 Плешка, нижче с. Черна. Якість води в р. Плешка, нижче с. Черна за органічними речовинами (ПО, БО, O_2) – 1-й клас, за (BCK_5) – 2-й клас, поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, N(заг.) належить до 1-го класу, за $N-NO_2^-$, $P-PO_4$, $P_{(заг.)}$ – 2-й клас.

ВО 7 Вештеге, смт. Королево. Якість води в р. Вештеге, смт. Королево за органічними речовинами (ПО, БО) – 2-й клас, за (BCK_5 , O_2) – 3-й клас, поживними речовинами ($N-NH_4^+$ – 5

клас, $N-NO_3^-$ -2 клас, $N(заг.)$ належить до 3-го класу, за $N-NO_2^-$, $P-PO_4$, $P(заг.)$ - 4-й клас.

ВО 8 Холт, с. Хижа. Якість води в р. Холт, с. Хижа за органічними (BCK_5 , PO , BO , O_2), поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N(заг.)$, $P-PO_4$, $P(заг.)$) належить до 1-го класу.

ВО 9 Батарч, с. Холмовець. Якість води в р. Батарч, с. Холмовець за органічними речовинами (PO , BO , O_2) - 1-й клас, за (BCK_5) - 2-й клас, поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ - 2-й клас, $N-NO_3^-$, $N(заг.)$, $P-PO_4$, $P(заг.)$) - 1-й клас.

ВО 10 Егер, с. Оклі. Якість води в каналі Егер, с. Оклі за органічними речовинами (PO , BO , O_2 , BCK_5) - 2-й клас, поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ - 2-й клас, $N-NO_3^-$, $N(заг.)$ - 1-й клас, $P-PO_4$, $P(заг.)$ - 3-й клас.

ВО 11 Паладь, с. Велика Паладь. Якість води в каналі Паладь, с. Велика Паладь за органічними речовинами (PO , BO , O_2 , BCK_5) - 2-й клас, за поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ - 2-й клас, $N-NO_3^-$, $N(заг.)$ - 1-й клас, $P-PO_4$, $P(заг.)$ - 2-й клас.

ВО 12 Ставок, с. Гудя. Якість води в ставку, с. Гудя за органічними речовинами (PO , BO , BCK_5) - 2-й клас, водневий показник pH , розчинений кисень (O_2) - 1-й клас, за поживними речовинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ - 2-й клас, $N-NO_3^-$, $N(заг.)$ - 1-й клас, $P-PO_4$, $P(заг.)$ - 2-й клас.

ВО 13 Новий Ботар, с. Пийтерфолво. Якість води в каналі Новий Ботар, с. Пийтерфолво за органічними речовинами (PO , BO , O_2) - 1-й клас, за BCK_5 - 2-й клас, за поживними ре-

човинами ($N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, $N(заг.)$), належить до 1-го класу, за $N-NO_2^-$, $P-PO_4$, $P(заг.)$ - 2-й клас.

Згідно проведених досліджень виявлено, що кисневий режим має великий вплив на життя водойм. Оцінка якості поверхневих вод за рівнем окиснення показала, що у витоках вода найчастіше відноситься до першого класу, а згодом переходить у другий клас. Однак при високому антропогенному навантаженні її якісні показники знижуються до третього класу. Підвищена концентрація іонів амонію свідчить про погіршення санітарного стану водних об'єктів, про активізацію забруднення поверхневих і підземних вод, у першу чергу, побутовими і сільськогосподарськими стоками. Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах більш повільного окиснювання NO_2^- у NO_3^- , що вказує на забруднення водного об'єкта, тобто є важливим санітарним показником.

Головними процесами, спрямованими на зниження концентрації нітратів, є споживання їх денітрифікуючими бактеріям і фітопланктоном. При недостатці кисню використовують кисень нітратів для окиснювання органічних речовин. У поверхневих водах нітрати знаходяться в розчиненій формі. Концентрація нітратів у поверхневих водах схильна до сезонних коливань: мінімальна - у вегетаційний період, збільшується восени і досягає максимуму взимку, коли при мінімальному споживанні азоту відбувається розкладання органічних речовин і перехід азоту з органічних форм у мінеральні (табл. 3).

3. Оцінка якості поверхневих вод за МКЗРД (поживні речовини), 2013 – 2014 рр.

Створ	Азот амонійний, $N-NH_4$	Азот нітритів, $N-NO_2$	Азот нітратів, $N-NO_3$	Азот амонійний $N-NH_4$	Азот загальний $N(заг.)$	Фосфор фосфатів, $P-PO_4$	Фосфор загальний, $P(заг.)$
Ботар, (ВО 1)	I	I	I	I	I	I	I
Ботар, (ВО 2)	I	II	I	I	I	I	I
Ботар, ВО 3)	I	II	I	I	I	II	II
Старий Ботар, (ВО 4)	II	II	I	II	I	III	III
Млиновиця, (ВО 5)	I	I	I	I	I	I	I
Плешка, (ВО 6)	I	II	I	I	I	II	II
Вештеге, (ВО 7)	V	IV	II	V	III	IV	IV
Холт, с. Хижа (ВО 8)	I	I	I	I	I	I	I
Батарч, (ВО 9)	II	II	I	II	I	I	I
Егер, с. Оклі (ВО 10)	II	II	I	II	I	III	III
Паладь, (ВО 11)	II	II	I	II	I	II	II
Ставок, с. Гудя (ВО 12)	II	II	I	II	I	II	II
Новий Ботар, (ВО 13)	I	II	I	I	I	II	II
Цільове значення	0,3	0,06	3,0	0,3	4,0	0,1	0,2

Вміст сполук фосфору піддається сезонним коливанням, оскільки залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу і біохімічного окиснювання органічних речовин. Мінімальні концентрації фосфатів у поверхневих водах спостерігаються звичайно навесні і влітку, максимальні – восени і взимку.

Надлишковий вміст фосфатів у воді, особливо у ґрунтовій, може бути ознакою наявності у водному об'єкті домішок добрив, компонентів господарсько-побутових стічних вод, біомаси, що розкладається.

Основними антропогенними джерелами надходження неорганічних сполук фосфору (ортофосфатів та поліфосфатів) у поверхневі води є змивання фосфоровмісних добрив дощем із сільськогосподарських угідь, а також стічні води комунального господарства. На вміст різних форм фосфору впливають проце-

си його круговороту. На відміну від азоту круговорот фосфору незбалансований, що визначає його більш низький вміст у воді.

Щодо вмісту важких металів, відмічено що у витоках рік їх набагато менше ніж у зонах інтенсивної антропогенної діяльності. Так, порівнюючи ВО 1 р. Батар вище с. Новоселиця (виток) із ВО 7 р. Вештеге, смт. Королево, видно, що на витoku р. Батар мінімальні значення вмісту кадмію, нікелю та свинцю не перевищують одиниці, а на р. Вештеге ці показники значно вищі як по мінімальних, так і по максимальних значеннях (табл. 4 і 5). З проведеного аналізу видно, що майже на всій протяжності водотоків межиріччя річок Тиси - Туру є проблеми з підвищеними концентраціями кадмію, які можуть мати як фоновий характер, так і характеризувати антропогенний вплив на водне тіло [6].

4. Хімічні елементи якості поверхневого водного об'єкта та система оцінювання за вимогами МКЗРД

Назва створу	Дата відбору	Важкі метали			
		Кадмій, мкг/дм ³	Нікель, мкг/дм ³	Ртуть, мкг/дм ³	Плюмбум, мкг/дм ³
Ботар, вище с. Новоселиця, виток	01.07.2013	0,5	1,2	< 0,1	1,5
	24.09.2013	0,4	1,0	< 0,1	1,0
	18.12.2013	0,3	0,8	< 0,1	0,8
	19.03.2014	0,4	1,0	< 0,1	0,9
	Мінімальне значення	0,3	0,8	< 0,1	0,8
	Максимальне значення	0,5	1,2	< 0,1	1,5
	Середнє значення	0,4	1,0	< 0,1	1,1

5. Хімічні елементи якості поверхневого водного об'єкта та система оцінювання за вимогами МКЗРД

Назва створу	Дата відбору	Важкі метали			
		Кадмій, мкг/дм ³	Нікель, мкг/дм ³	Ртуть, мкг/дм ³	Плюмбум, мкг/дм ³
Вештеге, смт. Королево	01.07.2013	2,5	1,5	< 0,1	2,2
	24.09.2013	2,5	1,5	< 0,1	2,7
	18.12.2013	1,4	1,8	< 0,1	3,0
	19.03.2014	1,9	2,0	< 0,1	3,5
	Мінімальне значення	1,4	1,5	< 0,1	2,2
	Максимальне значення	2,5	2,0	< 0,1	3,5
	Середнє значення	2,1	1,7	< 0,1	2,9

Висновки. За результатами проведених аналітичних гідрохімічних досліджень (загальні фізичні та хімічні параметри, важкі мета-

ли) та оцінювання хімічних елементів якості води відповідно до Транснаціональної моніторингової мережі МКЗРД найкращий хімічний

стан зафіксовано у пункті моніторингу р. Ботар, вище с. Новоселиця, витік («референційні» умови).

1. Найменш забрудненими є притоки р. Холт, с. Хижа та р. Млиновиця, вище с. Черна,

а найбільш забрудненою є р. Вештеге біля смт. Королево.

2. Результати проведених досліджень вимагають продовження моніторингу поверхневих вод, щоб відслідковувати джерела забруднень і розробляти заходи по їх ліквідації.

Бібліографія:

1. Васенко О.Г., Екологічна оцінка стану поверхневих вод України з урахуванням регіональних гідрохімічних особливостей / О.Г. Васенко, Д.Ю.Верниченко-Цветков, М.С Коваленко [та ін.] // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем. – portal/Natural/pomp/2010/2010-Articles/UkrNDI-EP_2010_04.pdf

2. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. / С.І. Сніжко. – К.: 2001. – 264с.

3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities. – EN. – 22.12.2000. – L. 327. – P. 1–72 p.

4. Класифікація якості поверхневих вод за МКЗРД. Офіційне видання МКЗРД, Відень, 2001 р., переклад з англ.

5. Перелік нормативних та методичних документів, що регламентують визначення складу та властивостей проб об'єктів довкілля. Погоджено листом Держспоживстандарту України від 15.04.2003 р. № 3-3/9-2485.

6. «Визначення вмісту пріоритетних забруднювальних речовин та оцінка хімічного статусу водних об'єктів в межах річок Тиси – Туру відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу», Звіт по проекту «Стале управління природними ресурсами в межах річок Тиса–Тур», Грантова угода № HUSKROUA/0901/040, 2014. – 44 с.

Ю.Ю. Бандурович, А.В. Фандалюк, Э.И. Осийский, М.П. Скоблей

Качество поверхностных вод бассейна рек Тиса – Тур

Представлены результаты анализа качества воды рек бассейна Тиса – Тур по комплексной экологической оценке, которая включает физико-химические элементы качества поверхностных вод, кислородный режим, водородный показатель (рН), массовую концентрацию ионов аммония, нитрит- и нитрат-ионов, общего азота, растворенных ортофосфатов, общего фосфора и тяжелых металлов (кадмий, свинец, никель). По результатам аналитических гидрохимических исследований и проведенных оценок химических элементов качества в соответствии с Транснациональной мониторинговой сетью МКЗРД, лучшее химическое состояние в пункте мониторинга является р. Ботар, выше с. Новоселица (выток). Наименее загрязненными являются притоки реки Холт, возле с. Хижа и р. Млиновица, выше с. Черна, а наиболее загрязненной является р. Вештеге возле пгт. Королево.

Y.Y.Bandurovych, A.V. Fandalyuk, E.I.Osiysky, M.P. Skobley

Quality of the surface water of the Tysa – Tur River basin

The article presents the results of the analysis of water quality in the rivers of the Tisa - Tour basin for integrated environmental assessment, which includes physical and chemical elements of surface water quality, oxygen regime, pH, mass concentration of ammonium ions, nitrite and nitrate ions, total nitrogen, dissolved orthophosphates, total phosphorus and heavy metals (cadmium, lead, nickel). Based on the results of analytical hydrochemical studies and conducted assessments of chemical quality elements in accordance with the Transnational Monitoring Network of the IPPCD, the best chemical state at the monitoring point is the Bohtar River, above village Novoselytsa (outflow). The least contaminated are the tributaries of the Holt River, near the village Hizha and the Mlinovitsa River, above village Cherna, and the most polluted is the Veshtege River near the town Korolevo.

УДК 628.147

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ІЗ ПОНАДНОРМОВИМ ВМІСТОМ Fe^{2+} і Mn^{2+} ЗА ДОПОМОГОЮ СПРОЩЕНОЇ АЕРАЦІЇ ПО БЕЗРЕАГЕНТНІЙ СХЕМІ

Д.В. ЧАРНИЙ, канд. тех. наук

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Представлено аналіз традиційних технологій деманганації. Розглянуто окиснення розчинних Fe^{2+} і Mn^{2+} за допомогою спрощеної аерації атмосферним O_2 . Наведено термодинамічне обґрунтування можливості протікання цього процесу і означена сутність енергетичного бар'єра при окисненні Mn^{2+} . Проаналізовані природні чинники, що сприяють подоланню енергетичного бар'єра і які є поширеними елементами, що входять до складу типових підземних вод. Розкрита роль у цьому процесі заліза, різниці фаз – рідка/тверда, адсорбційної здатності твердої фази відносно Mn^{2+} та впливу біогенного фактора і його особливості. Проаналізовано біогеохімічний цикл марганцю. Спираючись на природні процеси, що відбуваються в процесі біогеохімічного циклу марганцю, збудовано промислові установки, що забезпечують ланцюг із технологічних процесів, здатних за безреагентною схемою долати енергетичний бар'єр при деманганації вод з понаднормовими концентраціями Fe^{2+} і Mn^{2+} шляхом їх окиснення атмосферним киснем.

Ключові слова: деманганація, знезалізнєння, кінетика, термодинаміка, кисень, абіотичні, Fe^{2+} , Mn^{2+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, окиснення, каталізатор, гетерогенний, каталіз, залізо-марганцеві кірки, літоавтотрофи, фази, тверда, рідка, адсорбція, мікробіота, мікробний, біогеохімічний, цикл, pH, Eh, rH_2

Актуальність питання. В Україні основним джерелом водопостачання сіл, селищ і невеликих міст традиційно є підземні води. Більшість цих вод мають понаднормативні концентрації сполук заліза, марганцю і сірководню. Якщо видалення понаднормових концентрацій заліза методом окиснення атмосферним O_2 розчинного Fe^{2+} і переведенням його в нерозчинну форму Fe^{3+} з утворенням гідроокису $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і з наступним її вилученням шляхом фільтрування вже давно є усталеним і порівняно дешевим процесом, то питання очищення марганцевмісних вод для таких водоспоживачів становить гостру і фактично нерозв'язану проблему. Для традиційних технологій водоочистки у таких населених пунктах просто відсутній кваліфікований обслуговуючий персонал, потрібний для класичної реагентної схеми [1–5], а застосування сучасних каталітичних фільтруючих матеріалів, головним чином іноземних, обмежується ціновим фактором.

Усі наведені технологічні рішення слугують одній меті – переведенню розчинних сполук Mn^{2+} у нерозчинну – найчастіше у оксидну форму MnO_x .

Відповідно вирішення питання надійного, доступного і ефективного процесу окиснення Mn^{2+} в поширених у нас підземних водах з

одночасним вмістом понаднормових концентрацій розчинних іонів Fe^{2+} і Mn^{2+} є актуальним і нагальним.

Термодинамічні особливості і кінетичні обмеження процесу окиснення $\text{Mn}(\text{II})$. Природні процеси окиснення $\text{Mn}(\text{II})$ намагалися моделювати експериментально при різних концентраціях реагентів, варіюючи pH і Eh, у стерильному і мікробному середовищах, а також розраховували методом рівноважної термодинаміки [6–9].

Енергетичний бар'єр. Відповідно до засад термодинаміки, окиснення $\text{Mn}(\text{II})$ атмосферним киснем цілком можливе [8, 10, 11], але кінетичні обмеження настільки значні, що воно відбувається вкрай повільно. Згідно розрахунків Дж. Хема в "автокаталітичній реакції" [8] окиснення марганцю киснем відбувається відповідно до рівняння (1):

$$\frac{-d[\text{Mn}^{2+}]}{dt} = k_0[\text{Mn}^{2+}] + k_1[\text{MnO}_2][\text{O}_2][\text{OH}^-]^2, \quad (1)$$

де Mn – марганець; O – кисень; H – водень.

Відповідно до цього рівняння, при pH = 8,5 для формування шару оксиду марганцю товщиною 0,1 мм потрібно близько 1 млн. років.

Експериментально доведено, що лише при $pH > 8,5$, високих Eh ($pO_2 \sim 1$ атм) і високих концентраціях $Mn^{2+} > 25$ мг/кг (450 мкмоль) можливе окиснення $Mn(II)$ за термін від декількох тижнів до місяців [12]. Процес гетерогенний каталітичний: порція оксиду і гідроксиду $Mn(IV)$, що утворилася, сорбує Mn^{2+} і каталізує його окиснення. Але цілком можливий початок осадження марганцю без первинної адсорбції, лише за рахунок різниці фаз: експериментально доведено, що окиснення $Mn(II)$ каталізується поверхнями оксидів і силікатів заліза і деяких інших твердих фаз, у тому числі пластмас, акулєчих зубів тощо [11].

Експериментами Л.П. Лістової [6] з водними гомогенними розчинами $MnCl$ і $MnSO_4$ доведено, що двовалентний марганець надзвичайно стійкий до окиснення. Навіть при pH від 8,0-8,5 до 9,9-10,1 іони Mn^{2+} в розчинах утримувалися в концентрації від 85-90 мг/дм³ до 0,5-0,3 мг/дм³. Більш того, після утворення осаду $Mn(OH)_2$ із подальшим його окисненням до манганату (ніяких сполук $Mn(IV)$ в експерименті отримати не вдалося) відбувалося значне зниження pH розчину.

Абіогенне подолання енергетичного бар'єра. Враховуючи енергетичний бар'єр, слід розглянути можливість складових природної води впливати на кінетику формування нерозчинних сполук марганцю.

Так, у дослідях [6] в сольових розчинах, що імітують морську воду, при контакті з атмосферним киснем марганець починав сідати при pH 7,1 і повністю осідав при pH 9,95. Значення Eh становили при цьому від +460 до +265 мВ. Ці осади (близькі до брауніту) при $pH > 9$ вже містили домішки MnO_2 , частка якого швидко наростала навіть при невеликому подальшому зростанні pH . Це доказує вплив сольового складу та загальної мінералізації на кінетику процесу окиснення.

Суттєвим також є вплив розчиненого заліза. Марганець ще легше окиснюється при його спільному осадженні з залізом [10, 13]. Рентгеноаморфні осади гідроксидів Mn і Fe починали формуватися вже при pH 6,7-7,0, інтенсивно сідали при pH 8,0-8,12 ($Eh = +355$ мВ), а повне осадження марганцю було досягнуто в досліді при $pH = 8,9$ і $Eh = +315$ мВ. Причиною ефективного окиснення марганцю є каталітична дія гідроксиду

заліза. Відповідно до термодинамічних розрахунків Дж. Хема, якщо в аерованій воді розчинені одночасно у мікрограмових (- 5 – 6 мкг/дм³) кількостях Mn^{2+} і Fe^{2+} , то вони будуть окиснюватися і гідролізуватися відповідно до таких реакцій [9]:

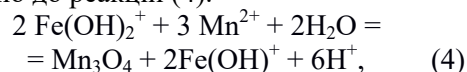


$$K_{Fe} = [H^+]/[FeOH^+][O_2(водн.)] = 10^{49,99};$$



$$K_{Mn} = [H^+]/[Mn^{2+}][O_2(водн.)] = 10^{36,54}.$$

Оскільки константа $K_{Fe} > K_{Mn}$, то окиснення і гідроліз заліза протікає набагато швидше, ніж марганцю. На проміжній стадії процесу гідролізу $Fe(II)$ утворюється певна кількість неповністю гідролізованого іона $Fe(OH)_2^+$. За [8] гідроксокомплекс $Fe(OH)_2^+$ може виступати окиснювачем для Mn^{2+} відповідно до реакцій (4).



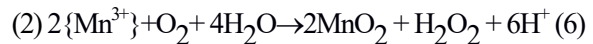
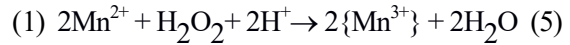
$Fe(III)$ каталізує повільний процес окиснення Mn^{2+} . Як зазначає Дж. Хем, «щоб отримати істотний каталітичний ефект, механізм рециклізації, в якому $FeOH^+$ конвертується в $Fe(OH)_2^+$ киснем і вертається назад в $FeOH^+$ шляхом реакції з Mn^{2+} , має бути відносно швидким, якщо в системі присутні лише малі концентрації розчиненого заліза [8]».

Тверді фази у вигляді основи для відкладів сполук $Mn(IV)$ каталізують процес окиснення $Mn(II)$. Експериментально досліджено, що поверхні оксидів і силікатів заліза і багатьох інших твердих фаз, в тому числі синтетичного походження, слугують ядрами залізо-марганцевих конкрецій (ЗМК) і залізо – марганцевих кірок (ЗМ-кірок) [11]. Слід зауважити, що каталізу обов'язково передуює сорбція $Mn(II)$ на поверхні будь-якої твердої фази; в розчині (за відсутності твердої фази) помітного окиснення $Mn(II)$ не відбудеться [13].

Біогенні чинники подолання кінетичного бар'єра. Надзвичайна повільність абіогенного окиснення марганцю знаходиться в очевидному протиріччі з широким розповсюдженням манганатів в зоні гіпергенезу - в ґрунтах, алювії, болотах, озерах і в кисневих водах на дні морів і океанів у формі ЗМК і ЗМ-кірок. Тому вже давно з'явилися міркування, що процес окиснення $Mn(II)$ не обходиться без участі

біоти [14], яка знімає кінетичні обмеження і збільшує швидкість окиснення Mn(II) на багато порядків. За оцінками проф. Б. Тебо [12], бактеріальний процес прискорює окиснення Mn(II) на 5 порядків в порівнянні з абіогенним окисненням.

Як і в абіогенному процесі, мікробне окиснення Mn(II) до Mn(IV) є дворівневим процесом, в якому на проміжній стадії утворюється комплекс Mn(III) з ферментом, що позначається як {Mn³⁺} [15]:



У реакції (5) фігурує перекис водню, який може продукуватися залізобактеріями і при цьому Mn(II) може використовуватися мікроорганізмами для нейтралізації перекису водню. Схему біологічного процесу окиснення Mn(II) як джерела енергії наведено на (рис.1).

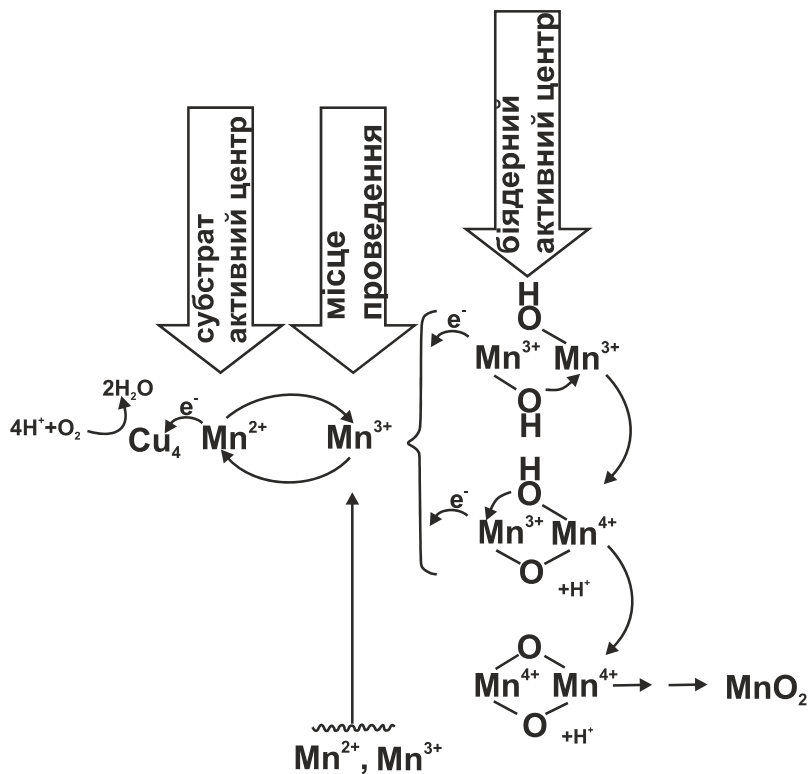


Рис.1. Схема процесу біологічного окиснення Mn(II)

Для функціонування будь-якої бактеріальної культури необхідним є дотримання низки умов, серед яких - певна мінімальна концентрація їжі - субстрату і енергії, нижче якої метаболізм неможливий, а також певні параметри середовища: значення температури, pH та Eh.

Як зазначає Б. Чисвел [16], в природних прісних водах (озерах і водосховищах) лімітуючим фактором процесу окиснення Mn(II) є не кількість видів мікробіоти, а концентрація розчиненого кисню. «Щоб завершити окиснення Mn²⁺ до MnOx потрібна концентрація розчиненого кисню приблизно 5-6 мг/л» [16].

Можна стверджувати, що, враховуючи кінетичні обмеження, термодинамічно

дозволене формування манганатів в абіогенному середовищі в нормальному діапазоні pH зазвичай відбувається вкрай повільно і за обов'язкової участі каталізу на поверхні твердих фаз. Лише втручання в процес літо автотрофної мікробіоти збільшує швидкість процесу окиснення Mn(II) → Mn(III, IV) на 4-5 порядків і тому біота набуває визначального значення у гіпергенній геохімії марганцю, у тому числі й у рудогенезі. Як зазначив В.С. Савенко у своїй книзі, «мабуть, в природних водах зони гіпергенезу жоден абіогенний процес не здатний конкурувати з процесом мікробіологічного окиснення розчинених форм не тільки марганцю (II), а й заліза (II), яке в нейтральному і слаболужному

середовищі в присутності молекулярного кисню дуже швидко переходить у тривалентний стан» [17]. Також з'ясовано, що хоча збільшення Eh (тобто зростання концентрації розчиненого O_2) завжди сприятливе для бактеріального окиснення $Mn(II)$, найбільш інтенсивно цей процес

протікає в субоксидній зоні вище кордону редокс-розділу (H_2S/O_2) в стратифікованих басейнах, тобто при дуже низькій концентрації розчиненого O_2 [11, 18].

Особливу роль біоти і води в біогеохімічному циклі марганцю наведено на схемі (рис.2).

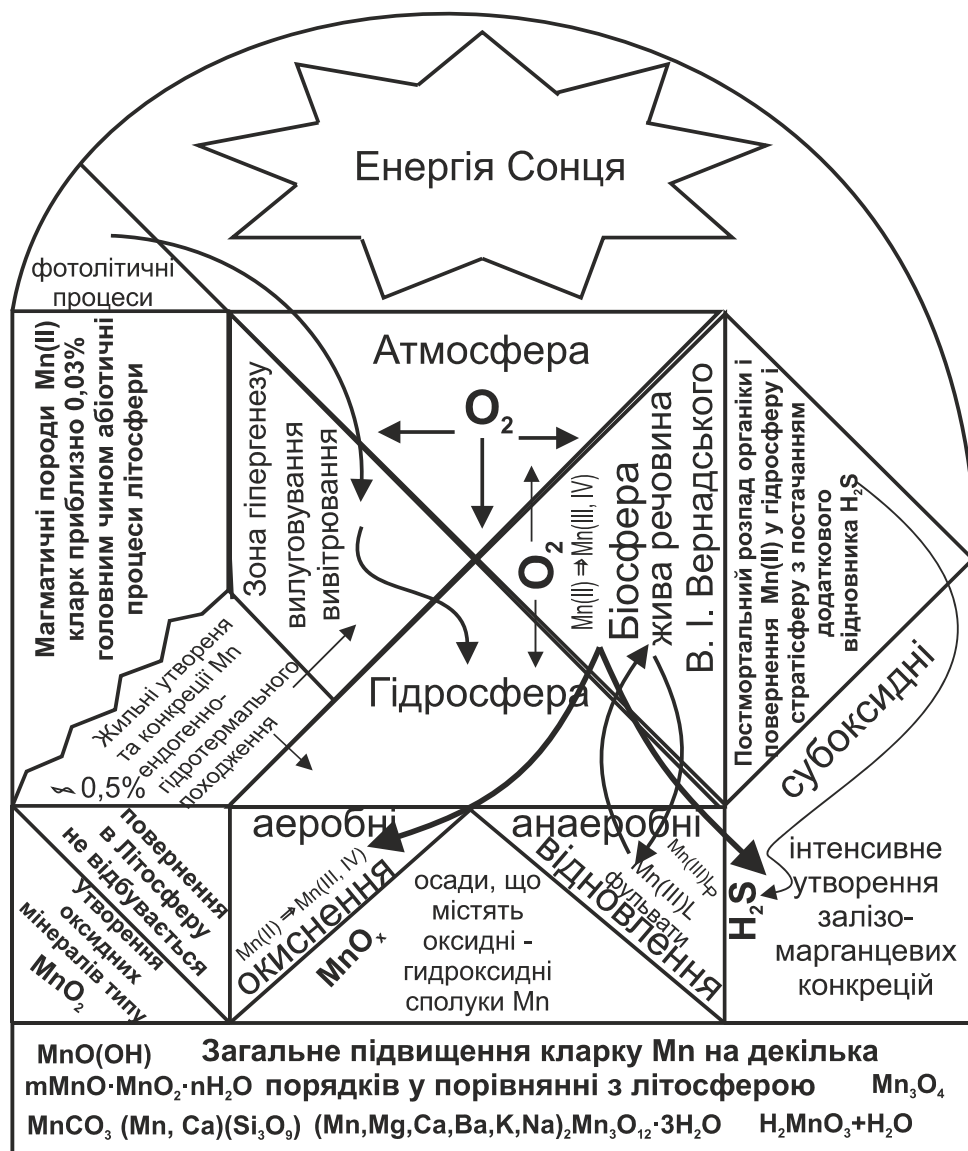


Рис. 2. Спрощена схема біогеохімічного циклу марганцю

Мікробне вилуговування розсіяних елементів відбувається не тільки шляхом окиснення, але і при відновленні окиснених руд. У ньому беруть участь мікроорганізми, що відносяться до різних систематичних груп. Зокрема, відновлення Mn^{4+} до Mn^{2+} здійснюється бактеріями родів *Bacillus* і *Pseudomonas*. Наприклад, види *Bac. polymyxa* і *Bac. circulans* легко відновлюють марганець

у складі піролюзиту MnO_2 і вимивають у гідросферу.

У процесі циклу марганцю відбувається його поступове накопичення в осадових породах. При цьому провідну роль в його окисненні відіграє біота. У той же час бар'єрна функція органічної речовини (живої речовини після постмортальних змін) слабо проявилася. Дійсно, Mn (на відміну від багатьох інших біофільних «мікро-

елементів», наприклад Mo, Cu, Zn, Co) не накопичується у вуглецевих біолітах - ґрунтах, вугіллі, торфах і т.п.[19 - 21]. Роль гідросфери як транспорту і концентратора марганцю в умовах Землі є взагалі незамінна.

Технологічне рішення. Схема комплексного очищення підземних вод з надлишковими концентраціями Fe(II), Mn(II) м. Узин Київської обл. наведена на рис.3.

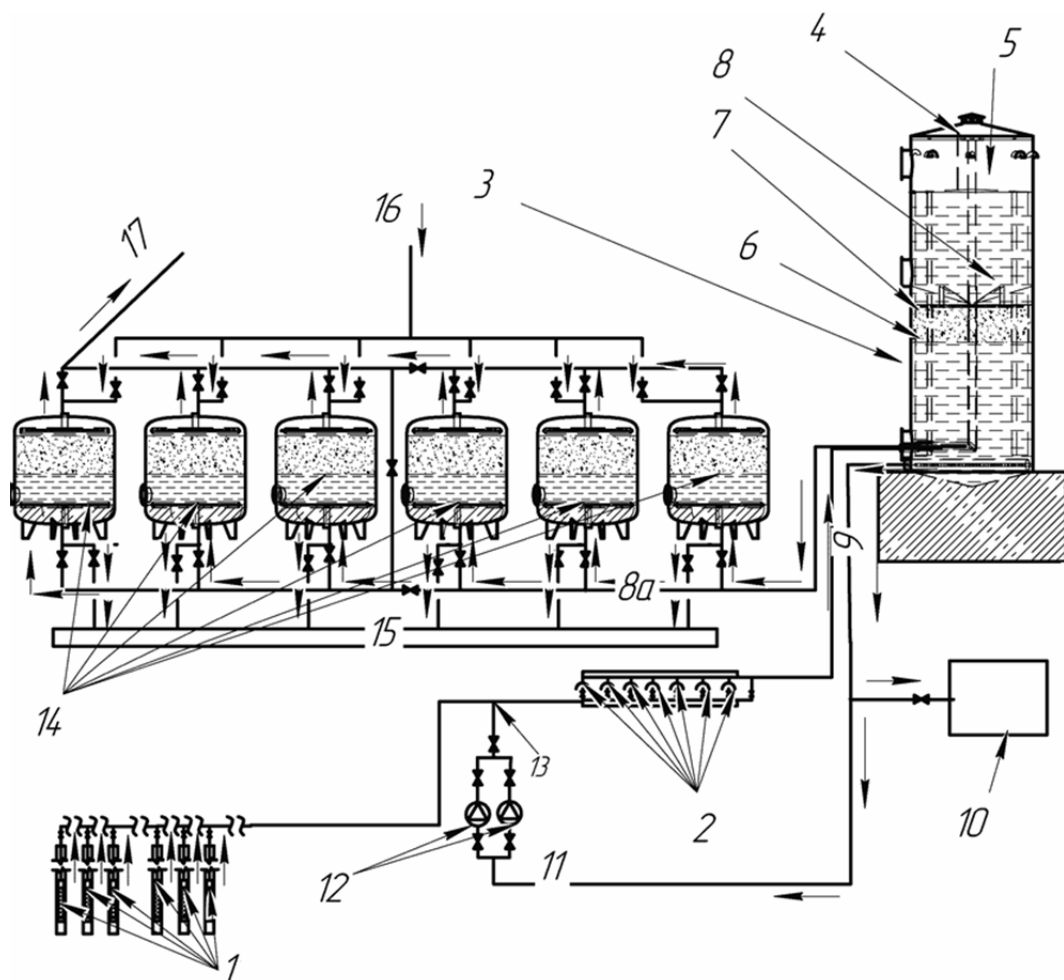


Рис. 3. Схема споруд реконструйованої станції знезалізнення води м. Узин:

1 – водозабірні свердловини; 2 – ежекційний вузол; 3 – комбінований префільтр; 4 – спрощений аератор; 5 – камера дегазатора; 6 – фільтруюче завантаження; 7 – несправжнє дно; 8 – відбір попередньо обробленої води; 8а – лінія надходження попередньо обробленої води на прояснювальні фільтри; 9 – лінія скиду промивних вод з префільтру; 10 – дренажний колодезь збору промивної води; 11 – лінія надходження концентрату гідроксиду заліза з підфільтрового шару на насосний вузол; 12 – насосний вузол підмішування концентрату гідроксиду заліза у вихідну воду; 13 – вузол введення концентрату гідроксиду заліза у вихідну воду; 14 – прояснювальні фільтри; 15 – лоток скиду промивних вод; 16 – лінія надходження промивної води для промивки прояснювальних фільтрів; 17 – лінія надходження очищеної води до РЧВ.

Вода зі свердловин надходить до вузла аерації, де за допомогою ежекторів насичується повітрям. Далі вода надходить на комбінований префільтр – контактний фільтр-відстійник з шаром зваженого осаду, де у верхній камері споруди відбувається дегазація проаерованої води. З цієї камери дегазо-

вана вода надходить у підфільтровий простір. У підфільтровому просторі відбувається контакт попередньо обробленої води з зваженими пластівцями $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Це каталізує процесу переведенні Fe^{2+} у Fe^{3+} і укрупнення пластівців колоїдів $\text{Fe}(\text{OH})_3$. У той же час Fe^{3+} слугує каталізатором полімеризації кре-

мнієвих кислот [25] і відповідного утворення неорганічного флокулянту на основі кремнійзалізогідроксидних комплексів. При переході Fe^{2+} у Fe^{3+} у товщі зваженого осаду утворюється стабільна зона, де постійно присутні не до кінця гідролізовані іони $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$. Вони каталізують процес окиснення Mn (II) [8-11]. Більша частина Fe^{2+} переходить у $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в зоні шару завислого осаду. Невелика частка затримується в товщі фільтруючого завантаження префільтру і утворює плівку на поверхні гранул пінополістиролу. Плівка гідроксиду заліза є адсорбентом для початкової концентрації іонів Mn^{2+} [26]. У результаті аерації і переведення Fe^{2+} у Fe^{3+} змінюється Eh характеристик води, вона суттєво підвищується і з від'ємної стає додатною $+(70 \div 200)$ мВ.

Зміна Eh характеристики води сприяє розповсюдженню автотрофної мікробіоти. Імобілізація цієї мікробіоти на плаваючому фільтруючому завантаженні забезпечує покращений енерго-масообмін, характерний для біосорберів [27-30]. При цьому недостатність Fe^{2+} , як необхідної умови енергозабезпечення залізобактерій, замінюється Mn^{2+} . Таким чином, процеси окиснення Mn^{2+} інтенсифікуються під час проходження проаерованої води крізь шар зернистого завантаження та контакту розчинного Mn^{2+} із закріпленими на зернах завантаження залізобактеріями роду *Leptothrix*. Вони виділяють в процесі своєї життєдіяльності значні кількості перекису водню, як продукту метаболізму, у зв'язку з відсутністю в них достатніх обсягів ферменту каталази, який розщеплює H_2O_2 . Це прискорює перехід Mn^{2+} у Mn^{4+} і сприяє утворенню на гранулах фільтруючого завантаження плівки – своєрідного "сорбенту-каталізатора" зі значним вмістом вищих оксидів марганцю. Утворений в підфільтровому просторі значний об'єм заважених з пластівців колоїдів $\text{Fe}(\text{OH})_3$ частково відбирається насосами CALPEDA MXH 80Y і подається як залізозмісний коагулянт перед вузлом аерації. При цьому ежектори вузла аерації додатково виконують роль змішувачів коагулянту з вихідною водою. Це сприяє полімеризації кремнієвих кислот [25]. Після заселення фільтруючого завантаження залізобактеріями і утворення на його поверхні залізо-марганцевої кірки-каталізатору відпадає необхідність використання $\text{Fe}(\text{OH})_3$ як попереднього реагенту. Вода після префільт-

ру самопливом надходить на переобладнані прояснювальні фільтри станції знезалізнення, де відбуваються процеси подальшого доочищення води з використанням як фізико-хімічних, так і біологічних чинників.

Після проходження води через групи паралельно працюючих прояснювальних фільтрів вона самопливом по існуючих трубопроводах надходить до РЧВ.

Технологічні розрахунки виконуються згідно нормативних вимог ДБН В.2.5-74:2013.

Оцінка економічного ефекту виконана для впровадженної станції очистки підземних вод водозабору м. Узин продуктивністю 1440 м³/добу (60 м³/год) показала значний економічний ефект і доцільність практичного її застосування.

Висновки. Відповідно до наведених літературних джерел відомо, що існує енергетичний бар'єр окиснення Mn^{2+} розчинним у воді O_2 . У той же час це стосується в першу чергу води, де присутній гомогенний розчин самого Mn^{2+} без інших компонент. З іншого боку, не існує термодинамічної заборони для окиснення Mn^{2+} розчинним атмосферним киснем O_2 , який був введений у марганцевмісну воду шляхом спрощеної аерації. Відомо, що деякі складові природних вод можуть слугувати каталізаторами і навіть чинниками окиснення $\text{Mn}(\text{II}) \rightarrow \text{Mn}(\text{IV})$, це особливо стосується Fe. Залізо є найпоширенішим компонентом з понаднормовою концентрацією в підземних водах України. Відповідно його використання в процесі деманганзації як природного реагенту, що сприяє подоланню енергетичного бар'єра окиснення Mn^{2+} порівняно незначними концентраціями O_2 з паралельним вилученням надлишків $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, є логічним і економічно привабливим.

Також слід врахувати необхідність створення різних фаз: розчин/тверда фаза як ще одного необхідного чинника для процесу утворення відкладень з вищих оксидів марганцю на поверхнях, здатних до адсорбції іонів Mn^{2+} . Утворення ЗМК з вмістом вищих оксидів марганцю в свою чергу будуть спричиняти гетерогенний каталітичний процес окиснення $\text{Mn}(\text{II}) \rightarrow \text{Mn}(\text{IV})$.

У процесі аерації і знезалізнення таких вод відбувається зміна Eh і є висока вірогідність створення сприятливих умов для

життєдіяльності літоавтотрофної мікробіоти, яка ще більше прискорює процес окиснення Mn^{2+} . У той же час така біота не вимагає якихось особливих умов для забезпечення розчинним киснем. Системи спрощеної аерації гарантовано дозволяють наситити воду атмосферним киснем з концентрацією 5 і більше mg/dm^3 , що є достатнім для проходження процесу деманганзації як по абіотичному, так і по біотичному шляху.

У випадку створення сприятливих умов для життєдіяльності літоавтотрофної мікробіоти процеси деманганзації і знезалізнення значно прискоряться без додаткових джерел надходження O_2 .

Фактично для запуску кінетично ефективного процесу деманганзації підземних вод, з характерним для України одночасним понаднормовим вмістом розчинних іонів Fe^{2+} і Mn^{2+} , по безреагентній технології потрібно:

1. Проаерувати воду, насичуючи її киснем.
2. Створити умови, при яких постійно відбувається поступова зміна концентрацій $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ і де стабільно присутній не повністю гідролізований іон $Fe(OH)_2^+$.
3. Забезпечити постійну присутність у воді, що очищається, твердої фази, яка здатна

відігравати роль ядер для утворення ЗМК, або твердого субстрату для утворення ЗМ-корок. Для пришвидшення цього процесу необхідно щоб тверда фаза мала здатність до адсорбції Mn^{2+} . Після утворення ЗМК або ЗМ-кірок процес $Mn(II) \rightarrow Mn(IV)$ буде проходити як гетерогенний каталіз.

4. У дуже вірогідному випадку створення сприятливих умов по співвідношенню pH/Eh , тобто при pH_2 , що знаходиться у межах 14 – 18 [22-24], можливий перехід до превалюючого біологічного процесу окиснення $Mn(II) \rightarrow Mn(IV)$. Для підвищення кінетичної ефективності протікання біологічних процесів необхідно створити умови, подібні до умов енерго- і масообміну у біореакторах з псевдозрідженим шаром носія іммобілізованої мікробіоти.

Згідно з цими принципами були побудовані як експериментальні, так і промислові установки, що працюють по запропонованим безреагентним технологічним схемам і забезпечують тим самим економію як фінансових, так і природних ресурсів, що, на наш погляд, і є впровадженням ресурсозберігаючих технологій.

Бібліографія

1. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод / Г.И. Николадзе. — М. : 1987. — 240 с.
2. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. / Г.И. Николадзе. — М.: 1978. — 120 с.
3. Кулаков В.В. Обезжелезивание и деманганация подземных вод / В.В. Кулаков, Е.В. Сошников, Г.П. Чайковский. - Хабаровск: ДВГУПС, 1998 – 100 с.
4. Клячко В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. — М: Литература по строительству. —1971. — 571 с.
5. Золотова Е.Ф. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода / Е.Ф. Золотова, Г.Ю. Асс. — М.: 1975. — 176 с.
6. Листова Л.П. Физико-химические исследования условий образования окисных и карбонатных руд марганца. / Л.П. Листова. — М.: АН СССР, 1961. — 119 с.
7. Гаррелс Р.М. Растворы, минералы, равновесия / Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст. — М. : МИР, 1968. — 367 с.
8. Hem J.D. Chemical equilibria and rates of manganese oxidation / J.D. Hem // U.S. Geol. Surv. Water Supply. Pap. — 1963. — No.1667A. — 63 p.
9. Hem J.D. Reactions of metal ions at surfaces of hydrous iron oxide / J.D. Hem. — 1977. — P. 527-538
10. Юдович Я.Э. Основные закономерности геохимии марганца / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис. — Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2013. — 40 с.
11. Юдович Я.Э. Почему Fe-Mn-конкреции имеют ядра? / Я.Э. Юдович.// Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. - № 8 - 2007. — С.7–10

12. Tebo B.M. *The molecular geomicrobiology of bacterial manganese (ii) oxidation* / B.M. Tebo, K. Geszvain, S.-W. Lee // *Geomicrobiology: Molecular and Environmental Perspective*. — New York: Springer, 2010. — P. 285–308.
13. Юдович Я.Э. *Геохимия марганца* / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. — 540 с.
14. Вернадский В.И. *Геохимическая история марганца* / В.И. Вернадский // *Очерки геохимии*. — 1983. — № 7. — С. 82–100.
15. Tebo B.M. *Bacterial-mediated mineral formation: insight into manganese (ii) oxidation from molecular genetic and biochemical studies* / B.M. Tebo, W.C. Ghiorse, L.G. van Waasbergen // *Geomicrobiology: Interaction Between Microbes and Minerals*. — Washington, D.C.: Min. Soc. Amer., 1997. — P. 225–266.
16. Чисвел Б. *Формы существования марганца в водах водохранилищ* / Б. Чисвел // *Литологические и полезные ископаемые*. — 1998. — № 5. — С. 549–554.
17. Савенко В.С. *Физико-химический анализ процессов образования железо-марганцевых конкреций в океане* / В.С. Савенко. — М.: ГЕОС, 2004. — 156 с.
18. Юдович Я.Э. *Парадоксы геохимии марганца* / Я.Э. Юдович. // *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*. - № 5(209). - 2012. - С.19–24.
19. Виноградов А.П. *Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах* Изд. 2-е, доп. М.: АН СССР, 1957. - 237 с.
20. Юдович Я.Э, Кетрис М.П. *Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях* Екатеринбург: УрО РАН.– 2005. - 655 с.
21. Юдович Я.Э, Кетрис М.П. *Элементы-примеси в черных сланцах*.– Екатеринбург.: УИФ Наука, – 1994. –304 с.
22. Чарний Д.В. *Досвід застосування біологічного методу очистки багатоконпонентних підземних вод*/ Д.В. Чарний // *Вода і водоочисні технології*. – 2012. - №2(8). - С. 28–36.
23. Мушэ П. *Биологическая деферризация воды: обоснование и реализация*. / П. Мушэ, Г.Н. Герасимов. // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2006. - №11. - С. 40–46.
24. Mouchet P. *From conventional to biological removal of iron and manganese in France* / P. Mouchet // *J. Am. Water Works Assoc.* – 1992. – №84(4). – P. 158 – 162.
25. Айлер Р. *Химия кремнезема ч.-1.* / Р. Айлер. - М.: Мир, 1982. — 416 с.
26. Болдырев К.А. *Геохимическое моделирование процессов внутрисластовой очистки подземных вод от железа и марганца* / К.А. Болдырев. — М.: НИИ ВОДГЕО. - 2011. — 23 с.
27. Василенко І.В. *Інженерний розрахунок анаеробного біореактора з псевдозрідженням шаром завантаження* / І.В. Василенко, О.І. Давиденко // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. - 2007. - С. 103–108
28. Василенко, М.Г. *Рециркуляція в біосорбери з псевдооживленою загрузкою* / М.Г. Василенко, А.Ю. Ямпольська // *Пробл. водопостачання, водовідведення та гідравліки*. - 2006. - Вип.6. — С. 90–94
29. Василенко М.Г. *Моделирование очистки воды в биосорбере с псевдооживленной загрузкой* / М.Г. Василенко // *Пробл. водопостачання, водовідведення та гідравліки*. — 2005. — № 5. — С. 85–91
30. Пушкинов М.Ю. *Очистка природных вод биосорбционным методом* / М.Ю. Пушкинов. — М.: «ФГУ НИИ ВОДГЕО». - 2000. — 111 с.

Д.В. Чарный

Обоснование возможности очистки подземных вод со сверхнормативным содержанием Fe^{2+} и Mn^{2+} с помощью упрощенной аэрации по безреагентной схеме

Представлен анализ традиционных технологий деманганизации. Рассмотрено окисление растворенных форм – Fe^{2+} и Mn^{2+} с помощью упрощенной аэрации атмосферным O_2 . Приведено термодинамическое обоснование возможности протекания этого процесса и присутствие энергетического барьера при окислении Mn^{2+} . Проанализированы природные факторы, способствующие преодолению энергетического барьера, которые в то же время широко распространены в типовых подземных водах. Раскрыта роль в этом процессе железа, разности фаз – жидкая/твердая, адсорбционной способности твердой фазы

относительно Mn^{2+} и влияние биогенного фактора. Проанализирован биогеохимический цикл марганца. Опираясь на естественный биогеохимический цикл марганца, построены промышленные установки, обеспечивающие цепь технологических процессов, способных по безреагентной схеме преодолевать энергетический барьер при деманганаии вод со сверхнормативными концентрациями Fe^{2+} и Mn^{2+} путем их окисления атмосферным кислородом.

D.V. Charny

JustificationSubstantiation of the treatment possibility of groundwater with an excess content of Fe^{2+} and Mn^{2+} by simplified aeration using a reagent-free scheme

The analysis of traditional demanganation technologies is presented. The oxidation of dissolved forms – Fe^{2+} and Mn^{2+} by simplified aeration with atmospheric O_2 is considered. A thermodynamic justification for the possibility of this process and the presence of an energy barrier in the oxidation of Mn^{2+} is given. The natural factors that contribute to overcoming the energy barrier, which at the same time are widely distributed in typical underground waters, are analyzed. The role of iron in this process, the phase difference - liquid/solid, the adsorption capacity of the solid phase relative to Mn^{2+} and the influence of the biogenic factor are shown. The biogeochemical cycle of manganese is analyzed. Based on the natural biogeochemical cycle of manganese, the industrial facilities have been constructed that provide a chain of technological processes capable to overcome the energy barrier using a reagent-free scheme when water with the excess concentrations of Fe^{2+} and Mn^{2+} is demagnetized by oxidizing with atmospheric oxygen.

УДК 631.674.6:631.6.03

БІОЛОГІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ В СИСТЕМАХ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

С.В. УСАТИЙ,
Л.Г. УСАТА

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Встановлено факт біологічного забруднення води в поливних трубопроводах систем краплинного зрошення, визначено характеристики його складових та ефективність зменшення їх вмісту засобами водопідготовки.

Ключові слова: поливна вода, біологічне забруднення, поливний трубопровід, система краплинного зрошення, завислі частки, гідробіонти.

Актуальність питання. Якість поливної води визнано одним із головних факторів забезпечення надійної та тривалої роботи систем краплинного зрошення [1]. Саме вода невідповідної якості призводить до порушень працездатності поливної мережі і виконання нею технологічного циклу зрошення, що позначається на зменшенні витрат краплинних водовипусків, продуктивності зрошувального поля та збільшенні тривалості поливу [1-6].

Під час експлуатації систем краплинного зрошення витратні характеристики водовипусків переважно змінюються під впливом комплексу факторів, у тому числі: невідповідної якості води, недотримання експлуатаційних режимів фільтрації і режимів промивання системи (періодичність, частота, норма), якості використаних добрив для фертигації.

Якість води в основних джерелах зрошення (річки, зрошувальні канали, водойми, штучні водойми, свердловини та ін.) не завжди відповідає вимогам, що регламентує її придатність для використання у системах краплинного зрошення згідно з ДСТУ 7591, і вимагає додаткової підготовки з використанням засобів водопідготовки (відстоювання, фільтрації, тощо). Ці засоби призначені для проведення повного циклу водопідготовки при заборі води з поверхневих джерел, проте за певних умов експлуатації у них може відбуватися вторинне забруднення води.

Фахівцями означено три види забруднень поливної води (фізичне, хімічне й біологічне), які найчастіше виникають під час експлуатації систем краплинного зрошення. Останній вид забруднення вважається найменше вивченим, проте є серйозною загрозою для систем зрошення. Біологічне забруднення поливної води обумовлене підвищенням вмістом у ній гідробі-

онтів, які є основними компонентами водних екосистем (озера, водосховища, ставки, річки і т.д.) і представлені водоростями, бактеріями, мікроскопічними грибами, зоопланктоном і детритом [7, 8]. Детрит при цьому займає специфічну екологічну нішу, бо формується як з неорганічних складових, так і органічних решток відмерлих гідробіонтів на різних етапах деструкції. Найбільша небезпека для систем краплинного зрошення, пов'язана з біологічним забрудненням води, настає влітку в період масового розмноження гідробіонтів [8]. Саме в цей період пряма залежність працездатності систем краплинного зрошення від вмісту гідробіонтів у поливній воді найбільш вірогідна.

Питання покращення якості зрошувальної води на сьогодні є актуальним, оскільки технічний рівень сучасних систем краплинного зрошення удосконалюється у бік підвищення рівня енергоефективності, що у свою чергу висуває інші вимоги до якості води і змушує по-новому переглянути критерії її нормування та удосконалення існуючих технічних засобів водопідготовки.

Мета досліджень полягала у вивченні біологічного забруднення поливної води в системах краплинного зрошення, визначенні характеристик його складових та ефективності їх зменшення традиційними засобами водопідготовки.

Методичні особливості досліджень. Дослідження проводили на чотирьох ділянках сезонних систем краплинного зрошення томатів з поверхневим розміщенням трубопроводів розподільчої мережі та підґрунтовим розміщенням (2-5 см) поливних трубопроводів. Для систем краплинного зрошення водозбір здійснювали з підвідних каналів Краснознам'янського зрошувального каналу (с. Бехтери Херсонської обл.) та Інгулецької зрошувальної системи

(с. Миколаївське, с. Снігурівка і с. Горохівське Миколаївської обл.). У межах кожної системи краплинного зрошення за схемою (до фільтра, після фільтра, у кінці трубопроводу (з кінцевика

трубопроводу)) проводили відбори води. Всього за поливний період було проведено 38 відборів, під час яких відібрано 75 проб поливної води (табл. 1).

1. Кількість відборів та відібраних проб поливної води

№ з/п	Місцезнаходження дослідної ділянки	Кількість відборів	Кількість відібраних проб, шт.
1	с. Миколаївське, Миколаївська обл.	10	26
2	с. Снігурівка, Миколаївська обл.	9	23
3	с. Горохівське, Миколаївська обл.	10	26
4	с. Бехтери, Херсонська обл.	9	23
Всього:		38	75

Проби поливної води аналізували в лабораторних умовах ДП «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів» ІВПіМ НААН за чинною в Україні нормативно-методичною документацією. Придатність поливної води для використання в системах краплинного зрошення оцінювали згідно з ДСТУ 7591.

Слід зазначити, що у системах краплинного зрошення, що досліджувалися, не проводили промивання поливних трубопроводів з відкриванням заглушок на кінцевиках, як це передбачено правилами з експлуатації. Тому у пробах води, відібраних у кінці трубопроводів, була присутня велика кількість завислих часток переважно органічного походження, які підлягали комплексним гідро-екологічним дослідженням за чинними в Україні методами [9]. Під час гідро-екологічного аналізування було проведено камеральну підготовку альгологічних проб води, мікроскопічне визначення систематичної таксономії, визначено розміри об'єктів, клітин та колоній, їхню морфологічну структуру, підраховано чисельність і біомасу водоростей. Визначено домінуючий комплекс гідробіон-

тів у поливній воді, а також проведено сапробіологічну оцінку якості води за водоростями – видами-індикаторами органічного забруднення. За допомогою світлового мікроскопу Karl Zeiss з об'єктивами 20×, 40× та 90× (з використанням імерсії) визначено характеристики гідробіонтів. У пробах води було проаналізовано та визначено форму, стан агрегації та розміри завислих часток.

Результати досліджень. Дослідження показали, що мінералізована вода Інгулецької зрошувальної системи та прісна дніпровська вода Краснознам'янського каналу, що знаходиться у підвідних каналах внутрішньогосподарської мережі, є сприятливим середовищем для розвитку найпростіших водних рослин і мікроорганізмів, які можуть виступати забруднювачами деяких елементів систем краплинного зрошення. Саме у таких каналах (рис. 1), глибина яких не перевищувала 1,5 м, створювалися умови для активного розвитку і розмноження фіто- і зоопланктонів, які через водозабори потрапляли до систем краплинного зрошення у дуже малих кількостях, а в них достатньо швидко росли і розмножувалися.

2. Якість поливної води за вмістом заліза і загальною мінералізацією в різних частинах систем краплинного зрошення (середні значення за результатами досліджень)

Місцезнаходження дослідної ділянки	Вміст заліза, мг/дм ³ / клас якості води			Загальна мінералізація, г/дм ³ / клас якості води		
	до фільтра	після фільтра	в кінці трубопроводу	до фільтра	після фільтра	в кінці трубопроводу
с. Миколаївське, Миколаївська обл.	<u>0,15</u> I	<u>0,18</u> I	<u>1,78</u> III	<u>1,54</u> II	<u>1,53</u> II	<u>1,63</u> II
с. Снігурівка, Миколаївська обл.	<u>0,26</u> I	<u>0,25</u> I	<u>0,84</u> II	<u>1,43</u> II	<u>1,48</u> II	<u>1,41</u> II
с. Горохівське, Миколаївська обл.	<u>0,32</u> II	<u>0,35</u> II	<u>0,97</u> II	<u>1,47</u> II	<u>1,43</u> II	<u>1,45</u> II
с. Бехтери, Херсонська обл.	<u>0,1</u> I	<u>0,1</u> I	<u>1,45</u> II	<u>0,36</u> I	<u>0,38</u> I	<u>0,51</u> I



Рис. 1 Підвідні канали внутрішньогосподарської зрошувальної мережі на дослідних ділянках

Склад поливної води за вмістом завислих часток та гідробіонтів змінювався протягом поливного періоду та був різним у відібраних пробах до фільтра, після фільтра та в кінці поливного трубопроводу. При цьому також

змінювалися параметри рН, вмісту заліза і загальної мінералізації (табл. 2).

На ділянці у с. Миколаївське (Миколаївська обл.) вміст заліза у поливній воді до фільтра становив $0,15 \text{ мг/дм}^3$, після фільтра

змінився до $0,18 \text{ мг/дм}^3$, а у кінці трубопроводів збільшився у 9,9 раза порівняно з водою після фільтра (табл. 2). При цьому різниця в кількості заліза становила $1,6 \text{ мг/дм}^3$. Із класу придатна для краплинного зрошення за технічними критеріями вода у трубопроводах стала непридатною для зрошення.

Суттєво змінювався вміст заліза в поливній воді на ділянці у с. Бехтери (Херсонська обл.) (табл. 2). Вміст заліза до і після фільтра становив $0,1 \text{ мг/дм}^3$, а у кінці поливних трубопроводів підвищився до $1,45 \text{ мг/дм}^3$, що у 14,5 раза більше за вміст після фільтра.

На ділянці у с. Снігурівка (Миколаївська обл.) клас придатності поливної води за вмістом заліза змінювався від «придатної» до ($0,26 \text{ мг/дм}^3$) і після фільтра ($0,25 \text{ мг/дм}^3$) - до «обмежено придатної» в кінці трубопроводів ($0,84 \text{ мг/дм}^3$) (табл. 2). Навіть у мінералізованій воді, яку використовують в системі краплинного зрошення у с. Горохівське (Миколаївська обл.), вміст заліза відповідно

до схеми відбирання підвищувався з $0,32$ до $0,97 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 2).

Мінералізація поливної води підвищувалася в пробах, відібраних з кінцевиків поливних трубопроводів на системах зрошення у с. Миколаївське (Інгuleцька зрошувальна система) та у с. Бехтери (Краснознам'янський канал) (табл. 2).

Кількість завислих часток варіювала в межах місць відборів (рис. 2). У воді, відібраній у кінці поливних трубопроводів, їх вміст переважає над вмістом у поливній воді, відібраній до і після фільтра (рис. 2). Цей факт підтверджує присутність явища вторинного забруднення води, яка попередньо була очищена засобами водопідготовки.

На ділянці у с. Миколаївське (Миколаївська обл.) вміст завислих речовин у кінці поливних трубопроводів збільшився на $4900,00 \text{ мг/дм}^3$ або у 53,5 рази порівняно з водою, що надійшла у систему краплинного зрошення після фільтрації (рис. 2).

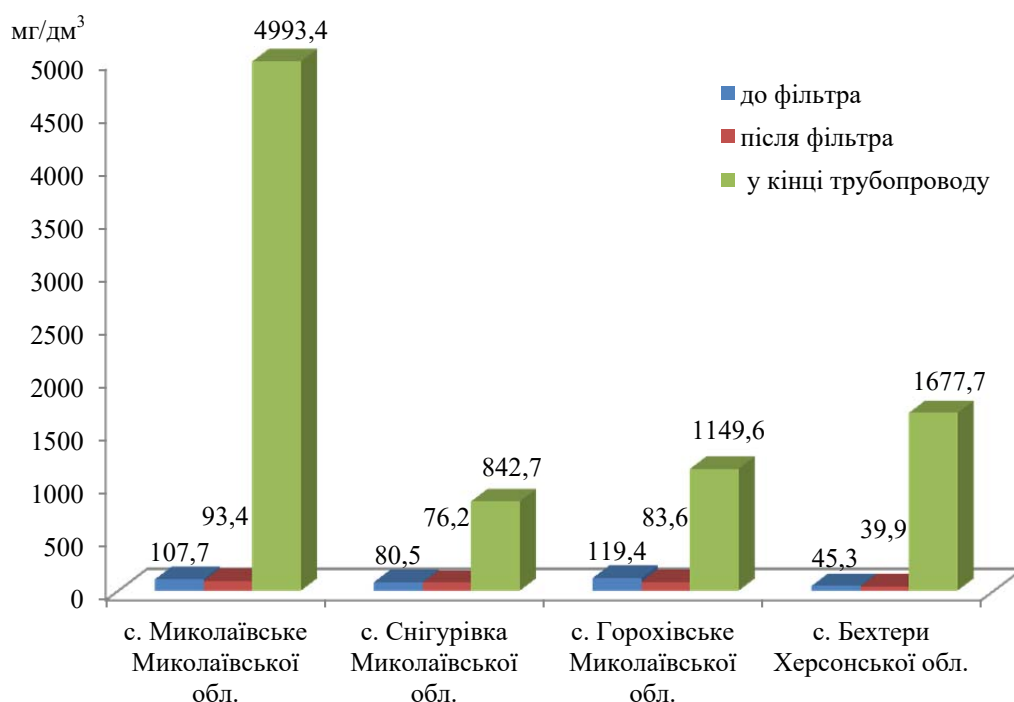


Рис. 2 Вміст завислих часток у поливній воді з різних частин системи краплинного зрошення (середні значення за результатами досліджень)

Така ж закономірність розподілу вмісту завислих часток у різних частинах систем краплинного зрошення і на інших досліджуваних ділянках (рис. 2). На ділянці у с. Снігурівське (Миколаївська обл.) у поливній воді до фільтрації вміст завислих часток не перевищував

$80,5 \text{ мг/дм}^3$, після фільтрації його параметри знизилися на $4,3 \text{ мг/дм}^3$, проте знову підвищилися на $766,5 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 2). Параметри розподілу вмісту завислих часток на ділянці у с. Горохівське (Миколаївська обл.) були такі: $119,4 \text{ мг/дм}^3$ – до фільтра, $83,6 \text{ мг/дм}^3$ – після

фільтра, 1149,6 мг/дм³ – у кінці трубопроводу, а на ділянці у с. Бехтери (Херсонська обл.) – 45,3 мг/дм³, 39,9 мг/дм³ і 1677,7 мг/дм³ відповідно (рис. 2). Тобто, основна маса завислих часток накопичується у кінцевиках поливних трубопроводів.

Гідроекологічними дослідженнями встановлено, що завислі частки, виділені з води у кінцевиках, мали органічну природу і були представлені детритом (відмерлі гідробіонти) і гідробіонтами, якісне та кількісне різноманіття яких формували водорості 4 відділів – синьо-зелені, евгленові, діатомові й зелені. За таксономічним складом поливні води дослідних ділянок відносились до 7 класів, 17 порядків, 46 родів і були представлені 67 видовими і внутрішньовидовими таксонами. У флористичному різноманітті домінували діатомові (39 %), зелені (35 %), синьо-зелені

(17 %), евгленові водорості (9 %) (табл. 3). Це свідчить про те, що у поливних трубопроводах складаються сприятливі умови для розвитку гідробіонтів.

Евгленові водорості були представлені крупними формами з чіткими зеленими хлороматофорами, що вказує на непогані умови вегетації цих видів водоростей у світлопроникних трубопроводах (рис. 3). При цьому практично всі представники евгленових водоростей здатні до гетеротрофного живлення органічними речовинами та є загальноприйнятими індикаторами органічного забруднення природних вод.

Кількісний розвиток водоростей в поливній воді характеризувався досить високими показниками за чисельністю і біомасою залежно від сприятливості умов середовища (табл. 3).

3. Структурна організація чисельності (N , тис. кл/дм³) й біомаси (B , мг/дм³) водоростей поливної води

Відділ	Дослідні ділянки					
	с. Миколаївське і с. Снігурівка, Миколаївська обл.		с. Бехтери Херсонська обл.		с. Горохівське, Миколаївська обл.	
	N^*	B^*	N	B	N	B
Cyanophyta (Синьо-зелені)	<u>50043</u> 70	<u>4,53</u> 7	<u>7530</u> 59	<u>0,93</u> 4	<u>72844</u> 91	<u>2,349</u> 30
Euglenophyta (Евгленові)	<u>2022</u> 3	<u>18,89</u> 30	–	–	<u>156</u> <1	<u>1,692</u> 21
Bacillariophyta (Діатомові)	<u>10860</u> 15	<u>37,09</u> 58	<u>2559</u> 20	<u>20,35</u> 92	<u>1521</u> 2	<u>0,939</u> 12
Chlorophyta (Зелені)	<u>8208</u> 12	<u>3,22</u> 5	<u>2641</u> 21	<u>0,86</u> 4	<u>5928</u> 7	<u>2,922</u> 37

Примітка: над рискою – чисельність, біомаса відділу;

під рискою – % від загальної чисельності (біомаси);

«–» – представників відділу не виявлено;

* – дані наведені як середньоарифметичні з двох дослідних ділянок

Важливим є те, що 40 % визначених водоростей є видами-індикаторами органічного забруднення. При цьому їхні 62 % – це види-індикатори β -мезосапробної зони, що характеризують якість води у межах від „помірно забрудненої” до „забрудненої”, а 7 % - види-індикатори α -мезосапробної зони, що характеризують якість води у межах „забруднена” – „дуже брудна”.

Тобто можна стверджувати про наявність досить високої таксономічної, структурної, екологічної різноманітності альгофлори поливної води. Це вказує на те, що водоростеві комплекси,

які вегетують у системах краплинного зрошення, є досить різноманітні, що дозволяє їм адаптуватися до вегетації у специфічних умовах.

На рис.3 представлено фото водоростей, які активно ростуть і розмножуються у поливних трубопроводах систем краплинного зрошення дослідних ділянок. Це лише частина присутніх водоростей у воді. Морфологічні характеристики і розміри клітин, їхня форма, об'єми дозволяють у повній мірі оцінити їхню «поведінку» в системах краплинного зрошення. За результатами досліджень проведено оцінку співвідношення «розмір

клітин водоростей – розмір краплинного водовипуску» і визначено, що розміри деяких із видів водоростей не перевищують розміри краплинних водовипусків, проте окрім розмірів, водорості мають щетинки, слизові «кожухи» різної конфігурації, що сприяє затриманню їх на входних отворах краплинних водовипусків і стає причиною зміни витрат краплинних водовипусків протягом вегетації.

Серед завислих часток у воді було ідентифіковано детрит (рис. 4), який був представлений від окремих невеликих «шматків» розміром у декілька мікрометрів до крупних «грудок», довжина і ширина яких перевищували сотні мікрометрів. За конфігурацією частки детриту були як окремими чітко детермінованими гранулами, так і великими утвореннями без чітких конфігурацій.

Візуальний аналіз детриту (рис. 4), проведений під світловим мікроскопом, незалежно від різниці в діапазоні збільшення чи місця відбору проб показав схожі результати між пробами. Так, детрит займав від 1/10 до 2/3 площі зору проби під мікроскопом.

При імерсійному мікроскопічному огляді детриту можна було бачити специфічні утворення як шматків детриту, так і різних компонентів біоти (рис. 4). Достовірно можемо стверджувати про наявність значної кількості крупних і середніх агрегацій, до яких входили й водорості, причому як окремі клітини, так і колонії. Водорості були представлені як у вигляді життєздатних форм, так і тих, що знаходились на різних стадіях розпаду (деструкції). По відношенню до діатомових водоростей це були їхні кремнеземові панцирі, але, враховуючи їхню значну стійкість навіть у мертвому стані, *Bacillariophyta* (діатомові водорості) становлять цілком реальну біологічну загрозу системам краплинного зрошення.

Визначений показник біхроматного окиснення завислих часток мав дуже високі величини, що підтверджує органічне походження часток та наявність біологічного забруднення води у поливних трубопроводах. У с. Бехтери він становив 4260 мг О/дм^3 , у с. Снігурівка – 2800 мг О/дм^3 , у с. Миколаївське – 1030 мг О/дм^3 , а у с. Горохівське – 497 мг О/дм^3 .

Експрес-мікроскопічним аналізом у всіх пробах води, відібраних з кінцевиків поливних трубопроводів, виявлено значну кількість безхребетних тварин у вигляді одноклітинних дрібних тваринних організмів, розмі-

ри яких коливалися у широких межах – від 1–2 мікрометрів до сантиметрів (табл. 4). Вони були представлені тваринами різних систематичних таксонів – від найпростіших (Protozoa) до рачків (*Cladocera* (гіллястовуси), *Copepoda* (веслоногі), коловерток (*Rotatoria*). Окрім найпростіших, високим різноманіттям характеризувався зоопланктон, у якому було ідентифіковано 34 форми безхребетних різних систематичних таксонів.

Найбільш різноманітно – 23 таксони, що складає 68 % від загальної кількості організмів, були представлені коловертки. Найчисленнішими були роди: *Brachyonus*, *Euchlanis*, *Keratella*, *Monostyla* та інші (табл. 4). Слід зазначити, що рачки перших двох родів є відносно крупними формами, біомаси яких складають 0,01 мг/екземпляр, у той час як види родів *Keratella*, *Monostyla* набагато дрібніші, і біомаси організмів цих рачків на порядок–два нижчі.

Гіллястовуси і веслоногі ракоподібні представлені видами, які є широко поширеними в гідроєкосистемах України, мають добре розвинені локомоторні функції і здатні активно переміщуватись у водній товщі.

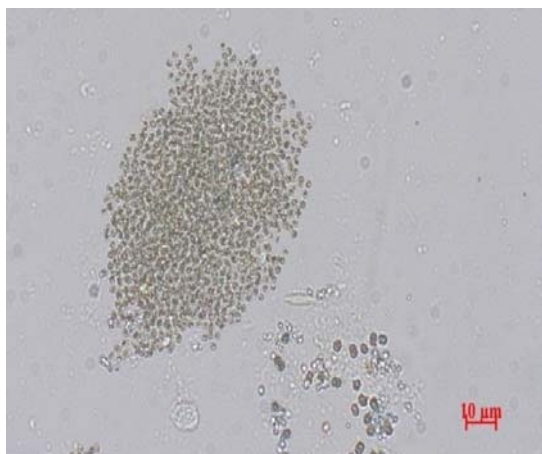
Важливо відмітити, що крім дорослих форм, у пробах були широко представлені їх науплії на різних стадіях розвитку. Це ще раз підтверджує те, що у функціонуючих системах краплинного зрошення, де порушуються режими експлуатації та промивок, формуються сприятливі умови для вегетації різноманітних безхребетних.

Крім гіллястовусих і веслоногих ракоподібних, були ідентифіковані безхребетні інших груп (табл. 4). Цікавим є і те, що в поливній воді систем краплинного зрошення були знайдені личинки молюсків роду *Dreissena* – *Veliger* (велігери). Велігери представлені дрібними джгутиковими формами, здатними активно переміщуватись у водній товщі в пошуках оптимального субстрату, до якого личинки „прикріплюються”, і подальшими стадіями онтогенезу є дорослі молюски.

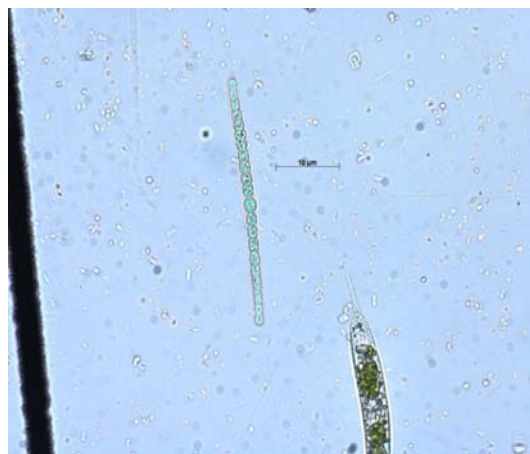
Проведений порівняльний аналіз різноманіття безхребетних із різних зрошувальних систем дозволяє стверджувати, що функціонування таких різноманітних угруповань ракоподібних можливе лише за наявності оптимальних умов середовища, навіть у таких специфічних умовах, якими є системи краплинного зрошення. Причому кількісний розвиток зоопланктону може сягати значних величин. Так, максималь-

ною чисельністю – 48880 тис. екз/дм³ – характеризувався зоопланктон із проби води, відібраної в кінці трубопроводів на дослідній ділянці в

с. Горохівське Миколаївської обл.. Кількісний розвиток зоопланктону інших ділянок був значно нижчий.



Microcystis aeruginosa
(відділ Cyanophyta - Синьо-зелені)



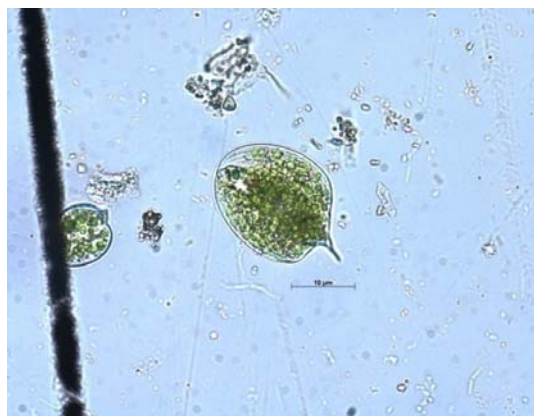
Anabaena scheremetievi
(відділ Cyanophyta- Синьо-зелені)



Gyrodinium spenceri
(відділ Bacillariophyta - Діатомові)



Desmodesmus communis
(відділ Chlorophyta- Зелені)

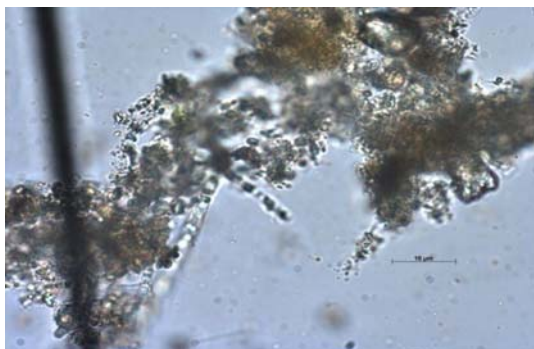


Phacus curvicauda
(відділ Euglenophyta - Евгленові)

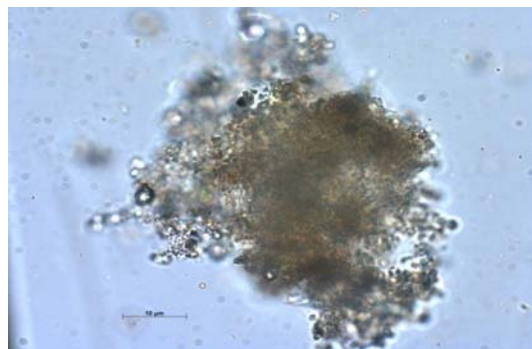


Euglena vermicularis
(відділ Euglenophyta - Евгленові)

Рис. 3 Представники гідробіонтів, які активно ростуть і розмножуються у поливних трубопроводах систем краплинного зрошення



Агрегація детриту з водоростями



Грудка детриту

Рис. 4 Вигляд детриту під мікроскопом

4. Таксономічне різноманіття зоопланкtonу у поливній воді систем краплинного зрошення

Таксони	с. Миколаївське і с. Снігурівка, Миколаїв- ська обл.	с. Горохівське, Миколаївська обл.	с. Бехтери Херсонська обл.
<u>Коловертки</u>			
Anuraeopsisfissa	—	+	—
Bdelloideasp.	+	+	+
Brachyonusangularis	+	+	+
Brachyonusbudapestinensis	—	+	—
Brachyonuscalyciflorus	—	+	—
Brachyonusdiversicornis	+	+	+
Brachyonusquadridentatus	+	+	+
Brachyonussp.	+	+	+
Cephalodellasp.	+	—	—
Colurellaobtusa	—	+	—
Euchlanisdilatata	—	—	+
Euchlanistriquetra	—	+	—
Filinalongiseta	—	+	—
Keratellacochlearis	+	+	+
Keratellatropica	+	+	+
Lecaneluna	+	—	—
Lecanesp.	+	+	+
Monostylabulla	—	+	—
Monostylahamata	—	+	—
Monostylasp. 1	+	+	+
Monostylasp. 2	—	+	+
Polyarthravulgaris	+	+	—
Trichocercasp.	—	+	—
<u>Гіллястовусі ракоподібні</u>			
Bosminalongiostris	+	—	+
Chidorusphaerucus	+	—	+
<u>Веслоногі ракоподібні</u>			
Cyclopsjuvenes	—	+	+
Cyclopssp.	—	—	+
Harpacticoidasp.	—	—	+
Mesocyclopsoithonoides	—	+	—
Nauplii	+	+	+
<u>Інші групи</u>			
Arcellasp.	—	—	+
Difflogiasp.	+	—	+
Tardigradasp.	—	—	+
Veliger (личинки Dreissenasp.)	+	—	+

Таким чином, високе таксономічне і кількісне різноманіття фіто- і зоопланктону незалежно від хімічного складу поливної води на сьогодні може формувати значні біологічні перешкоди системам краплинного зрошення, особливо краплинним водовипускам, які є найбільш вразливим їх елементом.

Краплинні водовипуски серед інших елементів систем краплинного зрошення виступають бар'єрами для таких компонентів, які затримуватимуть їх на входних отворах, якщо останні менші за їхні розміри або їхній вміст перевищує допустимі рівні.

Слід зазначити, що головною умовою, за якої відбувається інтенсивний ріст і розмноження фіто- та зоопланктону у поливних трубопроводах, є присутність азоту, фосфору і

вуглецю, які залишаються в системах зрошення після внесення добрив, особливо в умовах, коли було відсутнє післяфертигаційне промивання системи чистою водою. Відсутність вказаних елементів живлення унеможливить подальший розвиток гідробіонтів та найпростіших у поливних трубопроводах і призупинить процеси засмічення. Ось чому тривале (довше 30 хв.) промивання систем краплинного зрошення після фертигації знижує ймовірність засмічення краплинних водовипусків.

Використані на дослідних ділянках фільтростанції мали різну ефективність щодо зниження вмісту завислих часток у поливній воді, яка надходила до розподільчих та поливних трубопроводів із підвідних каналів (рис. 5.).

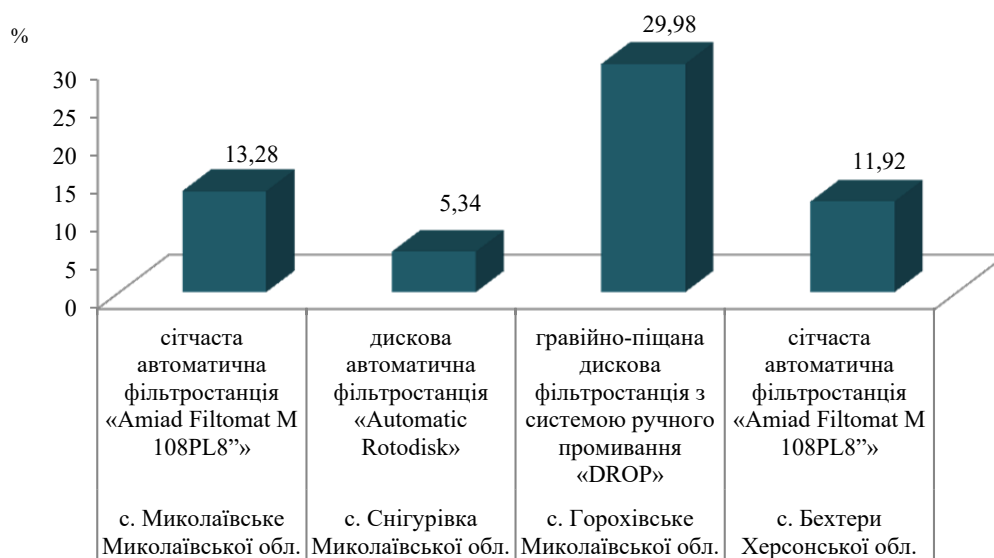


Рис. 5 Зниження вмісту завислих часток у поливній воді фільтраційними системами

Із чотирьох фільтростанцій найкраще виконувала свої функції гравійно-піщана дискова фільтростанція з системою ручного промивання «DROP», яка знижувала вміст завислих часток у воді на 29,98 %. Сітчаста автоматична фільтростанція «Amiad Filtomat M 108PL8» (с. Миколаївське Миколаївської обл.) затримувала 13,28 % завислих частин. Ефективність сітчастої автоматичної фільтростанції «Amiad Filtomat M 108PL8» на ділянці в с. Бехтери Херсонської обл. становила 11,92 %. Найнижчою була ефективність дискової автоматичної фільтростанції «Automatic Rotodisk» - 5,34 % на дослідній ділянці у с. Снігурівка Миколаївської обл. Неєфективна робота фільтростанцій свідчить

про недотримання режиму їх експлуатації та промивок і є однією з причин забруднення водовипусків поливних трубопроводів.

Висновки. Суттєвим компонентом води у підвідних каналах внутрішньогосподарської мережі Інгулецької зрошувальної системи та Краснознам'янського каналу є фіто- та зоопланктон, які проникають з водою і за певних умов активно розмножуються в системах краплинного зрошення.

Провідне значення серед показників, що визначають ступінь придатності води за технічними критеріями, займає вміст завислих часток, який у воді з поливних трубопроводів може переважати над вмістом у воді після фільтрів у 11,06-53,50 рази. При цьому зави-

слі частки можуть мати органічне походження і бути представлені гідробіонтами у вигляді синьо-зелених, евгленових, діатомових й зелених водоростей, детритом та безхребетними організмами.

Високе таксономічне і кількісне різноманіття фіто- і зоопланктону незалежно від хімічного складу поливної води на сьогодні може формувати значні біологічні перешкоди системам краплинного зрошення, а особливо краплинним водовипускам, які є найбільш вразливим їх елементом.

Фільтростанції, що сьогодні використовуються в системах краплинного зрошення, мають різну ефективність щодо зниження вмісту завислих часток у поливній воді, що надходить з поверхневих джерел. На дослід-

них ділянках найкраще свої функції щодо водопідготовки виконувала гравійно-піщана дискова фільтростанція з системою ручного промивання «DROP». Найнижчою була ефективність дискової автоматичної фільтростанції «Automatic Rotodisk». Але загалом, всі ці фільтростанції є недостатньо ефективними для затримання фітопланктону.

Детальне вивчення причин забруднення поливної води надає можливість зрозуміти механізм біологічної колюматації краплинних водовипусків та розробити ефективні заходи щодо його попередження чи усунення, що в свою чергу збільшить строки експлуатації поливної мережі систем краплинного зрошення та зменшить ризики втрат врожаю сільськогосподарських культур.

Бібліографія

1. Ромащенко М.И. Совершенствование технологий и технических средств микроорошения сельскохозяйственных культур: автореф. дисс. на соискание науч. степени д-ра техн. наук: 06.01.02 / ВНИИГиМ.-М.: 1995.-60 с.
2. Босуэл Михаил Дж. Проект руководства по микроорошению / Михаил Дж. Босуэл.- Австралия: Торо, 1998.-130 с.
3. Tarchitzky J. Biological and chemical fouling in drip irrigation systems utilizing treated wastewater / J. Tarchitzky, A. Rimon, E. Kenig, C. G. Dosoretz, Y. Chen // Irrigation Science.- Volume 31.- Issue 6.-2013.-p.1277-1288.
4. Capra A. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems / A. Capra, B. Scicolone // Journal Agric. Eng. Res.-1998.-70.-p. 355-365.
5. Эксплуатация поливных трубопроводов систем капельного орошения овощных культур (практические аспекты и научные исследования) / М.И. Ромащенко, А.П. Шатковский, С.В. Усатый, Л.Г. Усатая // Овощеводство.- №11(107)-2013.-С.48-51.
6. Усата Л.Г. Динаміка хімічного складу поливної води та сольового складу локально зволожений ґрунтів протягом поливного періоду / Л.Г. Усата, С.В. Усатий, А.П. Шатковський // Агрохімія і ґрунтознавство – Спеціальний випуск до IX з'їзду УТГА (30 червня - 4 липня 2014 р., м. Миколаїв).- 2014.-Кн.2.- С.354-356.
7. Сиренко Л.А. Биологически активные вещества водорослей и качество воды / Л.А. Сиренко, В.Н. Козицкая.-К.: Наукова думка, 1988.-256 с.
8. Щербак В.И. Многолетняя динамика «цветения» воды днепровских водохранилищ / В.И. Щербак // Доп. НАН України. – 1998. – № 7. – С. 187-190.
9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, В.І. Щербак [та ін.]; за ред. В.Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.

С.В. Усатый, Л.Г. Усатая

Биологическое загрязнение воды в системах капельного орошения

Установлен факт биологического загрязнения воды в поливных трубопроводах систем капельного орошения, определены характеристики его составляющих и эффективность уменьшения их содержания средствами водоподготовки.

S.V. Usaty, L.G. Usata

Biological pollution of water in drip irrigation system

It was specified the fact of biological pollution of water in the drip pipelines of drip irrigation systems. The characteristics of pollutants and the ways of reducing their content by means of water treatment were determined.

УДК 631.6:519.863

СИСТЕМНА ОПТИМІЗАЦІЯ ВОДОРЕГУЛЮВАННЯ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКО-МЕЛІОРАТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ЗАСАДАХ

А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ, док. тех. наук.

Національний університет водного господарства та природокористування

У статті обґрунтовано необхідність й розглянуто можливі підходи до реалізації системної оптимізації водорегулювання на меліорованих землях при створенні та функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів на еколого-економічних засадах.

Ключові слова: системна оптимізація, водорегулювання, водогосподарсько-меліоративні об'єкти, еколого-економічні засади

Проблема та її актуальність. Серед найбільших викликів сучасності, нарівні з енергетичним, найгостріше проявляються сьогодні продовольча і водна кризи, вплив яких посилюється зміною погодно-кліматичних умов як на планетарному, так і регіональних рівнях.

У зв'язку з цим, сільськогосподарські гідротехнічні меліорації були, є і залишаються одним з найважливіших факторів інтенсифікації аграрного виробництва й, відповідно, врегулювання як водного, так і продовольчого питань.

Разом з тим слід зазначити, що розвитку меліорацій в Україні взагалі притаманні всі загальні об'єктивно зумовлені як позитивні, так і негативні тенденції, детально розглянуті академіком Б.Б. Шумаковим наприкінці ХХ століття [17]. У першу чергу це стосується того, що широкомасштабний розвиток меліорацій пов'язаний із значними капіталовкладеннями, дуже відчутними для економіки будь-якої країни, але отриманий ефект при цьому складає в кращому випадку 60...70% від проектного.

З численних причин недосягнення проектної ефективності меліорацій Б.Б.Шумаков цілком справедливо акцентує увагу на нестачі наших знань про результати взаємодії меліоративної діяльності людини з природними процесами та їх врахуванні при проектуванні. Унаслідок цього на меліорованих землях і прилеглих до них територіях розвиваються в непередбачуваних масштабах процеси з негативними явищами, які різко знижують ефективність меліорацій.

Більш того, намагання отримати за рахунок меліорацій максимум сільськогосподарської продукції без урахування вимог охоро-

ни оточуючого середовища призвело в ряді випадків до кризових ситуацій в області екології. Однак, попри це, подальший розвиток меліорацій має відбуватись, але на принципово новому рівні, що забезпечує не тільки високу та сталу ефективність сільського господарства, але і його екологічну стійкість.

Вирішення такої складної проблеми можливе тільки завдяки реалізації на практиці сучасної концепції розвитку меліорацій в зоні зрошення, а також достатнього і нестійкого зволоження. Ця концепція ґрунтується на застосуванні нових підходів і прогресивних технологій водорегулювання з метою оптимізації меліоративного режиму зрошуваних і осушуваних земель. Вона передбачає узгодження суперечливих вимог до водного режиму посівів вирощуваних сільськогосподарських культур і відповідного екологічного ефекту, створюваного при цьому.

У свою чергу, отриманий урожай разом з екологічними наслідками є головними критеріями необхідності і доцільності реалізації гідромеліоративних заходів.

Застосування такого підходу потребує зміщення акцентів та переходу від усталеної практики розгляду меліоративних об'єктів не суто як технічних, а представлення їх у вигляді складних природно-технічних систем, з відповідною зміною усієї методології, технічної та технологічної стратегії їх створення й функціонування за рахунок більш точного врахування, перш за все мінливих як у багаторічному, так і внутрішньосезонному перерізі природно-кліматичних умов. Останні мають невизначений характер і справляють разом з меліоративними чинниками визначальний вплив на загальний природно-

меліоративний режим осушуваних земель та відповідний еколого-економічний ефект.

Сьогодні практично відсутні достатні методи обґрунтування еколого-економічної доцільності реалізації гідромеліоративних заходів у вигляді певних технічних і технологічних рішень (ТТР) з водорегулювання, що відповідають вимогам сучасного етапу розвитку осушувальних меліорацій. Це викликає необхідність відповідного підвищення вимог до якості оцінювання, прогнозу та оптимізації управління водним і загальним природно-меліоративним режимами осушуваних земель, як обов'язкової умови розв'язання означеної проблеми, а також визначає актуальність формалізації цих процесів на всіх стадіях побудови схем прийняття рішень при проектуванні нового будівництва, реконструкції та експлуатації меліоративних об'єктів за відповідними моделями.

Для цього потрібна система прогнозно-оптимізаційних моделей, яка дасть змогу прогнозувати та оцінювати загальну еколого-економічну ефективність гідромеліоративних заходів при обґрунтуванні технічних рішень з водорегулювання осушуваних земель на різних рівнях прийняття їх у часі.

На жаль, меліоративна наука поки що не має повної системи таких моделей, придатних для інженерної практики в умовах виробництва, перш за все через надзвичайно складний характер природно-техногенних процесів, що відбуваються на меліорованих землях. Застосування ж наявних, навіть із залученням можливостей сучасних засобів обчислювальної техніки, вкрай утруднене через складність, значну кількість параметрів та різного роду обмежень, відсутність відповідного інформаційного забезпечення тощо.

Крім того, сьогодні спостерігається значний розрив між рівнем розвитку наукових ідей та ефективністю їхньої реалізації в умовах виробництва. Назріла нагальна потреба довести наукові розробки до головних користувачів – проектувальників та експлуатаційників меліоративних систем і зробити ці методи невід'ємною складовою відповідних технологічних процесів на виробництві.

Основна частина. Отже, сучасний етап розвитку сільськогосподарського виробництва на меліорованих землях характеризується комплексом невирішених завдань, пов'язаних, перш за все, з практичною відсутністю

достатніх методів обґрунтування загальної еколого-економічної доцільності реалізації гідромеліоративних заходів на різних рівнях прийняття рішень у часі.

Це викликає необхідність підвищення вимог до якості оцінювання, прогнозу і оптимізації управління водним і загальним природно-меліоративним режимами осушуваних земель, як обов'язкової умови вирішення даного кола питань, а також визначає актуальність формалізації цих процесів на всіх стадіях побудови схем прийняття рішень у часі, що враховують головні особливості реального виробничого об'єкта.

Традиційним, можна сказати класичним шляхом призначення управління і вибору рішень (який теоретично має універсальне значення незалежно від специфіки об'єкта) є *оптимізаційний підхід*, який передбачає чітку (кількісно виражену в скалярному вигляді) формалізацію задачі управління, розробку моделей процесів, що протікають в об'єкті, і моделей впливу на об'єкт.

Сьогодні маємо численні приклади застосування оптимізаційного підходу для визначення параметрів меліоративних систем і раціональних схем використання водних ресурсів при розробці методів прийняття й обґрунтування технічних розв'язань в проектах будівництва й реконструкції водогосподарських і меліоративних об'єктів, що досить інтенсивно розроблялись у 70-80-ті роки минулого століття як для зони зрошувальних меліорацій (А.Є. Агрест, К.П. Арент, В.Н. Кардаш, О.П. Кисаров, К.А. Папелішвілі, В.Г. Пряхинська, І.П. Айдаров, А.І. Голованов, Ю.М. Нікольський, Л.М. Рекс, О.Г. Соломонія, Н.С. Фелінгер, К.І. Шавва, Б.Б. Шумаков та ін.), так і зони осушення перезволожених земель (Г.І. Афанасик, П.І. Закржевський, Ю.О. Канцибер, О.І. Климко, М.О. Лазарчук, І.В. Минаєв, І.С. Рабочев, Л.М. Рекс, В.О. Розин, П.Б. Свікліс, В.Ф. Шебеко та ін.).

Крім того, оптимізаційний підхід досить успішно застосовувався також для спроб розв'язування ряду окремих задач управління окремими меліоративними (оптимальний режим зрошення вирощуваних сільськогосподарських культур) (Г.І. Афанасик, Є.П. Галямин, П.І. Ковальчук, М.О. Лазарчук, А.П. Ліхацевич, Ю.М. Нікольський, В.П. Остапчик, В.А. Платонов та ін.) і агротехнічними заходами (оптимальні структури

посівів, дози внесення добрив та ін.) (Є.Є. Жуковський, В.А. Платонов, О.П. Федосєєв та ін.).

Однак, на жаль, більшість цих розробок не вийшли за рамки постановочного характеру і не були доведені до широкого впровадження на виробництві через розглянуті причини, хоча в них були закладені найсучасніші теоретичні принципи вирішення оптимізаційних завдань, які не втратили своєї актуальності і сьогодні.

Ключ до вирішення даного питання, на нашу думку, лежить у необхідності заміни традиційного підходу через нормування розрахункової забезпеченості на її визначення залежно від конкретних природно-агро-меліоративних умов кожного реального об'єкта. Для цього також потрібна система оптимізаційних та прогнозно-імітаційних моделей, яка дозволить спрогнозувати та оцінити загальну еколого-економічну ефективність проектних рішень за усім наявним спектром природно-агро-меліоративних умов досліджуваного об'єкта.

При цьому, розгляд гідромеліоративної системи як складної природно-технічної системи визначає необхідною умовою знаходження загального оптимуму в такій системі на основі *системної оптимізації*, суть якої полягає в знаходженні проміжних та локальних оптимумів для всіх її основних складових водорегулюючих елементів (дренаж, шлюз-регулятор, насосна станція, головна дрена), за всіма основними змінними у просторі та часі факторами, що впливають на ефективність водорегулювання (клімат, рельєф, вирощувані сільськогосподарські культури, технології водорегулювання та ін.), а також за усіма складовими системи ефект-режим-технологія-конструкція для всіх відповідних рівнів ієрархії побудови й реалізації відповідної моделі оптимізації.

Крім того, системна оптимізація повинна передбачати також можливість обґрунтування оптимального проектного рішення щодо типу та конструкції ГМС або складових їх технічних елементів на наявний, визначений або заданий рівень економічної (врожайність сільськогосподарських культур) та екологічної ефективності функціонування досліджуваного об'єкта.

На підставі викладеного нами були сформульовані основні теоретичні положення і принципи побудови *комплексних моделей*

оптимізації проектних рішень щодо водорегулювання насамперед осушуваних земель на еколого-економічних засадах з урахуванням кліматологічної стратегії управління водогосподарсько-меліоративними об'єктами згідно традиційним рівням прийняття їх у часі (проект, планова експлуатація, оперативне управління) [1,2,3,4,6,7,9,10, 11,12,13,14, 15,16].

У свою чергу, реалізація таких моделей оптимізації спирається на комплекс *прогнозно-імітаційних моделей*, які за відповідним видом прогнозу (довготерміновим чи короткотерміновим) дають змогу оцінювати множинні змінні умови досліджуваного об'єкта (клімат, ґрунти, рельєф, технології, режими та схеми водорегулювання, урожай вирощуваних культур тощо).

Необхідність розробки і впровадження прогнозно-оптимізаційних режимних розрахунків, методів і засобів їх реалізації зумовлені об'єктивним розвитком і потребами меліоративного виробництва, розвитком науково-технічного прогресу в галузі. Вони є необхідною передумовою для розробки елементів та систем автоматизованого проектування (САПР), створення автоматизованих систем управління (АСУ) меліоративними і водогосподарськими об'єктами при їх експлуатації в зоні достатнього та нестійкого зволоження.

Але, при цьому, можливості постановки і розв'язування таких задач, зумовлених їх об'єктивною необхідністю, а також сучасним рівнем розвитку наукових ідей та методології їх втілення, не завжди узгоджуються між собою, перш за все через відсутність відповідних оптимізаційних і прогнозно-імітаційних моделей, методичного й інформаційного забезпечення їх реалізації, які б задовольняли умовам виробництва.

До цього слід додати, що, з іншого боку, не завжди на виробництві сьогодні мають місце необхідні передумови (кадри й рівень їх фахової підготовки, матеріально-технічне забезпечення тощо), які дозволяють сприйняти і реалізувати на практиці нові наукові ідеї та розробки.

Проте, впродовж 90-х років минулого століття і по теперішній час за висвітленими принципами, методами та моделями було розроблено методичне, програмне та необхідне інформаційне забезпечення з реалізації комплексу оптимізаційних та прогнозно-

імітаційних моделей з обґрунтування конструктивних та технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель, доведених до виробничого рівня їх використання у вигляді галузевих нормативів [6, 7, 13, 14, 15].

На їх основі було здійснено розв'язання низки оптимізаційних та прогнозних задач з водорегулювання осушуваних земель.

У проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем:

- обґрунтування вибору можливих способів регулювання водного режиму та відповідних до них типів й конструкцій ГМС на осушуваних землях;
- оптимізація параметрів регулюючої мережі;
- оптимізація розрахункової забезпеченості й параметрів магістральних каналів та регульованих водоприймачів.

У проектах експлуатації осушувально-зволожувальних систем:

- комплексна автоматизація планового водорегулювання осушуваних земель;
- розробка системних планів водорегулювання на довготерміновій основі;
- створення інформаційно-дорадчих систем оперативного планування водорегулювання;

- реалізація планового водорегулювання у виробничих умовах;
- обґрунтування раціональних витрат води для зволоження осушуваних земель України;
- обґрунтування екологічно оптимальних режимів меліорованих ґрунтів гумідної зони України.

Окремі розробки з розв'язання аналогічних задач з дотриманням сучасних економічних та екологічних вимог розглянуті також у низці інших наших публікацій. Дані науково-технічні розробки пройшли успішну апробацію й виявили достатню ефективність їх використання у виробничих умовах та навчальному процесі при підготовці відповідних фахівців у ВНЗ.

Висновки. Таким чином, системна оптимізація водорегулювання в зоні осушувальних та зрошувальних меліорацій дасть змогу значно підвищити їх обґрунтованість за рахунок можливості визначення загальної технічної, технологічної й екологічної ефективності створення й функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів та комплексів, в тому числі з урахуванням зміни погоднокліматичних умов.

Бібліографія

1. Методические указания по экономико-математическому обоснованию выбора оптимальной расчётной обеспеченности и сечений магистральных каналов осушительных систем / Лазарчук Н.А., Рокочинский А.Н., Гончаров С.М., Черенков А.В., Дуляк В.Д., Питкевич Э.Г. – Ровно, 1988. – 20 с.
2. Методичні рекомендації щодо екологічно оптимальних режимів меліорованих ґрунтів гумідної зони України / С.Т. Вознюк, А.М. Рокочинський, В.С. Мошинський, В.А. Сташук, Н.А. Фроленкова та ін. – Рівне, 2005. – 50 с.
3. Методы системного анализа в мелиорации и водном хозяйстве / Под ред. чл.-кор. ВАСХНИЛ Б.Г.Штепы. - Л.: Гидрометеиздат, 1983.- 262 с.
4. Науково-методичні та організаційні засади управління водогосподарсько-меліоративними об'єктами гумідної зони України за короткотерміновим метеорологічним прогнозом: Методичні рекомендації / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, Я.Я. Зубик, Л.В. Зубик, Є.І. Покладньов та ін. – Рівне, 2005. – 53 с.
5. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации) / Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н.- М.: Агрометеиздат, 1990.-60с.
6. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 “Меліоративні системи та споруди” (Розділ 3. Осушувальні системи). Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М. Рокочинський, О.І. Галік, В.А. Сташук, Н.А. Фроленкова, В.А. Волощук та ін. – Рівне, 2008. – 64 с.
7. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 “Меліоративні системи та споруди” (Розділ 3. Осушувальні системи). Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при

будівництві й реконструкції меліоративних систем / А.М. Рокочинський, С.В. Шалай, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк та ін. – Рівне, 2006. – 50 с.

8. Принципы оптимизации управления водным режимом почв на осушительно-увлажнительных системах // Управление водным режимом мелиорированных земель / Афанасик Г.И., Армоник О.Р., Пятницкий В.Н., Финский А.И. – Минск: Ураджай, 1987. – С. 9-15.

9. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах.: Монографія / За ред. академіка УААН Ромашенка М.І. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

10. Технические указания по оптимизации параметров горизонтального дренажа на основании экономико-математического расчета при проектировании осушительных систем в Украинской ССР: НТД 33-63-090-89 / Лазарчук Н.А., Муранов В.Г., Черенков А.В., Рокочинский А.Н. – К.: Укрспроводхоз, 1989. – 26с.

11. Технические указания по разработке с помощью ЭВМ системных планов водопользования для осушительно-увлажнительных систем Украины: НТД 33-04-01-91 / Лазарчук Н.А., Рокочинский А.Н., Гус В.М., Зубик Я.Я., Бежук В.М., Черенкова Л.П., Сташук В.А., Полякова М.И., Нагорная В.П., Дорошук А.Н. – К.: Укрспроводхоз, 1991. – 40 с.

12. Технические указания по созданию информационно-советующих систем управления осушительно-увлажнительными системами: НТД 33-04-03-92 / Лазарчук Н.А., Рокочинский А.Н., Черенков А.В., Гус В.М., Сташук В.А., Зубик Я.Я., Бежук В.Н., Черенкова Л.П. – К.: Укрспроводхоз, 1992. – 66 с.

13. Тимчасові рекомендації з оптимізації водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, Н.А. Фроленкова та ін. – Рівне, 2010. – 52 с.

14. Тимчасові рекомендації з прогностичної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, Н.А. Фроленкова та ін. – Рівне, 2011. – 54 с.

15. Фроленкова Н.А. Еколого-економічне оцінювання в управлінні меліоративними проектами: Монографія / Н.А. Фроленкова, Л.Ф. Кожушко, А.М. Рокочинський. – Рівне: НУВГП, 2007. – 257 с.

16. Шалай С.В. Оцінка продуктивності осушуваних земель за довготерміновим прогнозом.: Монографія / С.В. Шалай, А.М. Рокочинський. – Рівне: НУВГП, 2011. – 149 с.

17. Шумаков Б.Б. Мелиорация в XXI веке / Б.Б. Шумаков // Мелиорация и водное хозяйство. - 1996. - №3. - С.4-6.

А.Н. Рокочинский

Системная оптимизация водорегулирования как необходимое условие создания и функционирования водохозяйственно-мелиоративных объектов на эколого-экономических основах

В статье обоснована необходимость и рассмотрены возможные подходы к реализации системной оптимизации водорегулирования на мелиорированных землях при создании и функционировании водохозяйственно-мелиоративных объектов на эколого-экономических основах.

A.N. Rokochynsky

Systemic optimization of water regulation regime as necessary condition of creation and functioning of water management and reclamation objects on ecological and economic principles.

In the article substantiated necessity and considered potential approaches for realization of systemic optimization of water regulation regime at creation and functioning of water management and reclamation objects on ecological and economic principles.

УДК 631.674.6:633.888

УРОЖАЙНІСТЬ ВАЛЕРІАНИ ЛІКАРСЬКОЇ ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Н.В. ПРИВЕДЕНЮК *

Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН

Досліджено вплив краплинного зрошення, площі живлення та способу внесення мінеральних добрив на врожайність валеріани лікарської. Підтримання вологості ґрунту на рівні 90% від найменшої вологомісткості забезпечило отримання найвищої врожайності коренів валеріани – 5,1 т/га, що перевищувало контроль на 142,9%. Вирощування валеріани лікарської без застосування зрошення є ризикованим, а нестача ґрунтової вологи на початкових фазах розвитку рослин спричинила загибель посіву у 2015 р.

Внесення повного мінерального добрива під основний обробіток $N_{45}P_{45}K_{45}$ підживленням методом фертигації $N_{45}P_{45}K_{45}$ та ущільнення рослин за рахунок зміни ширини міжряддя (з 60+60+60 см на 60+30+60 см) забезпечило приріст врожайності коренів 1,2 т/га відносно контролю.

Ключові слова: валеріана лікарська, краплинне зрошення, урожайність, корені із кореневищами, фертигація, схема сівби

Постановка проблеми. На вітчизняному фармацевтичному ринку найвищим попитом серед культивованих лікарських рослин користується валеріана лікарська. На основі її сировини – сухих коренів з кореневищами виготовляють лікарські засоби, які заспокійливо діють на центральну нервову систему та покращують серцево-судинну діяльність людини. Сьогодні вітчизняний ринок відчуває гостру нестачу якісної сировини цієї рослини. Підприємства, що займалися вирощуванням валеріани, значно скоротили площі, хоча вартість сухих коренів з кореневищами у 2014 – 2015 рр. сягала 120 – 130 тис. грн/т. Основною причиною спаду виробництва є зміни клімату, які проявляються довгими бездошовими періодами, що на фоні високих температур повітря часто спричиняє повну загибель посіву, а це завдає значних збитків виробникам. Попит на сировину задовольняє імпорту з Китаю, Польщі, але імпортована сировина досить часто має низьку якість, не містить у достатній кількості біологічно активних речовин, вміст яких регламентує Українська та Європейська Фармакопеї. У світі налічується біля 200 видів валеріани, тому при імпортуванні навіть трапляються випадки ввезення сировини, яка не належить до виду валеріани лікарської. Отже постала гостра потреба вдосконалення існуючої технології вирощування валеріани лікарської, яка б гарантувала отримання високого, економічно вигідного та якісного врожаю сухих коренів з кореневищами, що, в свою чергу, сприятиме збільшенню об'ємів виробництва

вітчизняної сировини. Зважаючи на це, було проведено дослідження з розробки технології вирощування валеріани лікарської із застосуванням штучного зволоження – краплинного зрошення, яке дає можливість підтримувати оптимальний водно-поживний режим ґрунту протягом усього періоду вегетації [1-5].

Методи досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено на землях Дослідної станції лікарських рослин ІАП НААН спільно з Інститутом водних проблем і меліорації НААН. Ґрунт дослідного поля – чорнозем потужний, малогумусний, потужність гумусового горизонту 87 – 100 см, легкий за гранулометричним складом. Реакція ґрунтового розчину слабокисла, за обмінною кислотністю ґрунт характеризується як середньокислий. Забезпеченість ґрунту основними елементами живлення: легкогідролізованим азотом – низька, рухомим фосфором – дуже висока, обмінним калієм – підвищена. За сумою солей ґрунт відноситься до незасолених. Найменша вологомісткість (НВ) 0 - 100 см шару – 18,2 %, 0 - 50 см – 17,5 %, щільність складення – 1,32 г/см³ [2, 3].

При проведенні наукових досліджень використано методичні підходи, які застосовують у вітчизняній практиці та в лікарському рослинництві. Зокрема, розробку схем дослідів виконано за методиками Доспехова Б.О. та Горянського М.М., з урахуваннями особливостей краплинного зрошення за методикою Ромашенка М.І. Відбір рослинних зразків, біометричні виміри та фенологічні спостереження проводили з урахуванням

*Науковий керівник – докт. с.-г. наук Шатковський А. П.

особливостей лікарських культур за методиками Брикіної А.І. та Поради О.А. [6-10].

Дослідне поле закладали прямим висівом насіння валеріани у ґрунт з нормою 8 кг/га сорту Україна, глибина загортання - 0,5 см, ширина міжряддя - 60+60+60 см та 60+30+60 см. Один поливний трубопровід зволожував один ряд рослин при міжрядді 60+60+60 см та два рядки при міжрядді 60+30+60 см. Згідно схеми дослідження було включено варіанти зрошення із різним рівнем передполивної вологості ґрунту (РПВГ) - 70%, 80% і 90% НВ, контроль - без зрошення. Вологість ґрунту на дослідній ділянці контролювали за допомогою тензіометрів та Інтернет-станції iMetos D2, обладнаної сенсорами Watermark 200SS. Основне внесення мінеральних добрив проводили під передпосівну культивуацію, а підживлення виконували дискретно методом фертигації [2, 3].

Обліки врожаю валеріани лікарської проводили в І-й декаді жовтня: спочатку скошували надземну масу рослин, потім викопували корені з кореневищами, відокремлювали від землі та мили протягом 15 хвилин. Корені висушували у природній сушарці до вологості 10 - 12% [4, 5].

Результати досліджень. За результатами досліджень встановлено чітку залежність врожайності сухих коренів з кореневищами валеріани лікарської від РПВГ: з підвищенням вологості ґрунту підвищувалася врожайність валеріани. На контрольному варіанті вирощування валеріани є ризикованим. У 2015 р. через нестачу ґрунтової вологи, на початкових фазах розвитку, посіви загинули. Середня врожайність протягом 2013 – 2014 рр. за природного зволоження склала 2,1 т/га сухих коренів. За підтримання РПВГ 70% НВ отримано 3,6 т/га сировини, що перевищувало контроль на 1,5 т/га або 69,8%. Підвищення вологості кореневмісного шару ґрунту протягом вегетації до 80% НВ забезпечило зростання врожайності на 0,5 т/га або 27,0% відносно РПВГ 70%, та на 2,0 т/га або 96,8 % відносно контролю. Найбільш сприятливі умови для росту та розвитку склалися у варіанті, де підтримувалася найвища вологість ґрунту, про що свідчить найбільша врожайність сухих коренів з кореневищами валеріани, яка склала 5,1 т/га, що перевищувало контроль на 3,0 т/га або 142,9% (табл.1).

1. Урожайність валеріани лікарської залежно від РПВГ за краплинного зрошення, 2013 - 2015 рр.

Варіанти дослідів	Урожайність коренів з кореневищами, т/га				
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	середнє	% до контролю
Без зрошення (контроль)	1,9	2,3	-	2,1	100,0
РПВГ – 70% НВ	3,7	3,6	3,4	3,6	169,8
РПВГ – 80% НВ	4,0	4,1	4,3	4,1	196,8
РПВГ – 90% НВ	5,2	5,0	5,2	5,1	242,9
НІР _{0,5}	0,28	0,32	0,31	0,41	-

У наступному досліді, де вивчали способи внесення добрив за різних площ живлення рослин, було встановлено, що у варіанті з міжряддям 60+30+60 см збільшення кількості рослин до 30% на одиниці площі сприяло підвищенню врожайності сухих коренів валеріани на 0,4 – 0,6 т/га, порівняно з традиційним міжряддям 60+60+60 см (табл.2).

Внесення повної дози мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) під основний обробіток підвищило врожайність на 0,5 т/га відносно варіантів без використання добрив. Застосування роздільного внесення добрив (N₄₅P₄₅K₄₅ основне + N₄₅P₄₅K₄₅ фертигація) у варіанті із міжряддям 60+60+60 см підвищило врожайність на

0,6 т/га або 17,6 % відносно контролю, а у варіанті із міжряддям 60+30+60 см підвищило врожайність на 0,8 т/га відносно варіанту без внесення добрив з міжряддям 60+30+60 см. Найвищу врожайність сухих коренів з кореневищами валеріани 4,8 т/га отримано у варіанті, де застосовували ущільнення рослин за рахунок зміни ширини міжряддя (з 60+60+60 см на 60+30+60 см) та внесення повного мінерального добрива під основний обробіток N₄₅P₄₅K₄₅ з підживленням методом фертигації N₄₅P₄₅K₄₅. Приріст урожайності коренів у цьому варіанті відносно контролю склав 1,2 т/га.

2. Урожайність валеріани лікарської залежно від площі живлення рослин та способу внесення мінеральних добрив в умовах краплинного зрошення (фон: РПВГ – 80% НВ), 2013 - 2015 рр.

Ширина між-рядь, см	Внесення мінеральних добрив	Урожайність коренів з кореневищами, т/га				
Фактор А	Фактор В	2013 р.	2014 р.	2015 р.	середнє	% до контролю
60+60+60	Без удобрення (контроль)	3,6	3,5	3,7	3,6	100,0
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ - основне внесення	4,0	4,1	4,3	4,1	114,8
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - основне внесення + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - фертигація	4,2	4,4	4,1	4,2	117,6
60+30+60	Без удобрення	3,8	3,7	4,5	4,0	111,1
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ - основне внесення	4,1	4,5	5,0	4,5	125,9
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - основне внесення + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - фертигація	4,5	4,8	5,2	4,8	134,3
НІР _{0,5} головних ефектів ф. А		0,20	0,16	0,23	0,45	-
НІР _{0,5} головних ефектів ф. В		0,27	0,25	0,19	0,41	-
НІР _{0,5} часткових відмінностей ф. А		0,35	0,28	0,41	0,77	-
НІР _{0,5} часткових відмінностей ф. В		0,33	0,31	0,24	0,51	-

За вирощування валеріани лікарської важливим елементом є первинна обробка сировини, зокрема її висушування. Адже корені з кореневищами фармацевтичною промисловістю використовують у сухому вигляді, за вологості не вище 10%, лише в окремих випадках - сирими. Експериментальним шляхом було встановлено, що корені валеріани після миття здатні утримувати 5 – 6% води (гравітаційної вологи) від загальної ваги. Змінним показником є кількість утримання внутрішньої вологи коренями валеріани, він змінюється від умов вирощування. Вихід сухої сировини із сирової маси – це показник залишку сухої речовини у коренях після доведення їх до вологості 10%. Цей показник є важливим елементом у виробництві сирови-

ни, він впливає на витрати при висушуванні коренів, транспортні витрати, на попереднє визначення врожайності культури та інше.

Встановлено, що застосування краплинного зрошення не знижує цей показник. Так, за підтримання вологості ґрунту на рівні 70% НВ підвищило вихід сухої сировини із сирової маси на 3,4% відносно контролю. Підвищення вологості ґрунту до 80% НВ дещо знизило відсоток виходу сировини відносно варіанту із РПВГ 70% НВ, але перевищувало контроль на 0,7%. Найвищий вихід сухої сировини із сирової маси відмічено у варіанті за підтримання вологості ґрунту на рівні 90% НВ, який склав 28,6%, за того, що на контролі цей показник становив 24,5% (табл. 3).

3. Вплив РПВГ на вихід сухої сировини з сирової маси (2013 - 2015 рр.)

Варіанти дослідів	Вихід сухого коріння з сирової сировини, %			
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	середнє
Без зрошення (контроль)	21,5	27,4	-	24,5
РПВГ – 70% НВ	26,2	29,2	28,4	27,9
РПВГ – 80% НВ	24,0	26,4	25,1	25,2
РПВГ – 90% НВ	28,3	29,6	27,6	28,6
НІР _{0,5}	1,23	1,12	1,45	1,82

Встановлено, що застосування мінеральних добрив та зміна площі живлення рослин не суттєво впливали на вихід сухої сировини із сирової маси. Основне внесення мінеральних добрив N₉₀P₉₀K₉₀ у варіанті з міжряддям 60+60+60 см знижувало вихід сухої сировини із сирової маси на 2,3 % відносно контролю.

Роздільне внесення мінеральних добрив знижувало вихід сировини на 1,3 % відносно варіанту без внесення добрив за схеми вирощування 60+60+60 см та на 0,7 % за схеми 60+30+60 см. Збільшення кількості рослин на одиницю площі без застосування добрив знижувало вихід сировини лише на 0,4 %.

Найвищий вихід сухої сировини із сирової маси 27,5 % було зафіксовано у варіанті без застосування мінеральних добрив за тради-

ційної схеми вирощування (60+60+60 см) (табл. 4).

4. Вплив площі живлення рослин та способу внесення мінеральних добрив в умовах краплинного зрошення на вихід сухого коріння з сирової сировини (фон: РПВГ– 80%НВ, 2013 - 2015 рр.)

Ширина міжрядь, см	Внесення мінеральних добрив	Вихід сухого коріння з сирової сировини, %			
Фактор А.	Фактор В	2013 р.	2014 р.	2015 р.	середнє
60+60+60	Без удобрення (контроль)	26,5	26,6	29,3	27,5
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ - основне внесення	24,0	26,4	25,1	25,2
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - основне внесення + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - фертигація	23,0	29,6	26,0	26,2
60+30+60	без удобрення	24,4	28,6	28,4	27,1
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ - основне внесення	23,8	26,9	28,7	26,5
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - основне внесення + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ - фертигація	26,1	27,0	27,3	26,8
НІР _{0,5} головних ефектів ф. А		1,54	0,80	0,93	1,97
НІР _{0,5} головних ефектів ф. В		2,66	1,39	1,61	3,41
НІР _{0,5} часткових відмінностей ф. А		1,14	1,53	1,50	2,52
НІР _{0,5} часткових відмінностей ф. В		1,40	1,87	1,84	3,09

Висновки. Встановлено залежність врожайності сухих коренів з кореневищами валеріани лікарської від передполивної вологості ґрунту. Урожайність валеріани за підтримання передполивної вологості ґрунту на рівні 70% НВ складає 3,6 т/га, що перевищує контроль на 69,8%. За підтримання найвищої вологості ґрунту 90% НВ отримано найвищу врожайність коренів валеріани – 5,1 т/га, що перевищує контроль на 142,9%.

Збільшення кількості рослин на одиниці площі за рахунок зміни схеми посіву сприяло підвищенню врожайності сухих коренів валеріани на 0,4 – 0,6 т/га.

Внесення повного мінерального добрива під основний обробіток N₄₅P₄₅K₄₅, підживленням методом фертигації N₄₅P₄₅K₄₅ та ущільнення рослин за рахунок зміни ширини

міжряддя (з 60+60+60 см на 60+30+60 см) забезпечило приріст врожайності коренів 1,2 т/га відносно контролю.

Встановлено, що застосування краплинного зрошення не знижує вихід сухої сировини із сирової маси: серед досліджуваних варіантів цей показник коливається від 24,5 до 28,6%.

Вирощування валеріани лікарської без зрошення є ризикованим і нестача ґрунтової вологи на початкових фазах розвитку рослин спричинила повну загибель посіву у 2015 р.

Застосування краплинного зрошення за вирощування валеріани лікарської за озимі сівби в умовах Лівобережного Лісостепу України гарантує отримання високої врожайності сухих коренів з кореневищами в перший рік життя рослин.

Бібліографія

1. Ромащенко М.І. Технології вирощування лікарських рослин за краплинного зрошення / М.І. Ромащенко, А.П. Шатковський, Н.В. Приведенюк // Матеріали III Міжнародної наукової конференції «Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень» (до 100-річчя ДСЛР) 15 липня 2016 р. - Березоточа – 2016. - С. 121-126.
2. Шатковський А.П. Особливості вирощування валеріани лікарської в умовах краплинного зрошення / А.П. Шатковський, Н.В. Приведенюк // Матеріали II науково-практичної конференції молодих вчених та спеціалістів «Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства» 3 грудня 2014 р. - К.: - С. 85-87.
3. Приведенюк Н.В. Застосування краплинного зрошення на валеріані лікарській / Н.В.Приведенюк, Н.М. Шевчук, В.А.Трубка // Матеріали четвертої науково-практичної інте-

рнет-конференції «Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій», Полтава – 2015. – С. 147 – 150.

4. Устименко О.В. Перспективи краплинного зрошення у лікарському рослинництві / О. В. Устименко, Н. В. Приведенюк // Матеріали ІІ науково-практичної конференції «Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій ХХІ ст. » (до 85-річчя ІВПМ) 4 грудня 2014 р. – Київ – 2014. – С. 66-68.

5. Технології вирощування сільськогосподарських культур за краплинного зрошення (рекомендації)(наукове видання) // За ред. М.І. Ромащенко. – ІВПМ НААН. – К.: «ЦП «Компринт», 2015. – 379 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

7. Горянский М.М. Методика полевых опытов на орошаемых землях / М.М. Горянский. – К.: Урожай, 1970. – 84 с.

8. Ромащенко М.І. Методичні рекомендації з проведення польових досліджень за краплинного зрошення / М. І. Ромащенко, А. П. Шатковський, Л. Г. Усата [та ін.]. – К.: 2014. – 46 с.

9. Брикина А.И. Проведение полевых опытов с лекарственными культурами / А.И. Брикина. – М.: ЦБНТИМП, 1981. – 60 с.

10. Порада О.А. Методика формування і ведення колекцій лікарських рослин / О.А. Порада. – Полтава: ПДАА, 2007. – 50 с.

Н. В. Приведенюк

Урожайность валерианы лекарственной при капельном орошении в условиях Левобережной Лесостепи Украины

Исследовано влияние капельного орошения, площади питания и способа внесения минеральных удобрений на урожайность валерианы лекарственной. Поддержание влажности почвы на уровне 90% от наименьшей влагоемкости обеспечило получение наибольшей урожайности корней валерианы - 5,1 т/га, что превышало контроль на 142,9%. Выращивание валерианы лекарственной без применения орошения рискованно, а недостаток почвенной влаги на начальных фазах развития растений является причиной гибели посева в 2015 г.

Внесение полного минерального удобрения под основную обработку $N_{45}P_{45}K_{45}$, подкормкой методом фертигации $N_{45}P_{45}K_{45}$ и уплотнения растений за счет изменения ширины междурядья (с 60+60+60 см на 60+30+60 см) обеспечило прирост урожайности корней 1,2 т/га относительно контроля.

N.V. Pryvedeniuk

Valeriana Officinalis yield with a drip irrigation system under conditions of Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

The influence of drip irrigation, the area of additional fertilizing and the method of fertilizer application were analyzed. The highest yield of Valeriana Officinalis roots (5,1 t/ha) was provided when the soil moisture was about 90%. It exceeded the control for 142,9%. It is risky to grow Valeriana without irrigation, and the lack of soil moisture during the first phase of plant development resulted in the loss of crops in 2015.

Using mineral fertilizers under the main processing $N_{45}P_{45}K_{45}$, feeding plants by the method of fertigation $N_{45}P_{45}K_{45}$ and sealing of plants by changing the width of the aisle (from 60+60+60 cm to 60+30+60 cm) provided the increase of roots yield for 1.2 t/ha due to the control.

УДК 631/627.5(477.8)

ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКА ПРОЕКТНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ЯК ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЇХНЬОЇ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ

С.В. ШАЛАЙ, канд. с-г. наук,
Н.А. ФРОЛЕНКОВА, канд. екон. наук,
Н.С. БОНДАРЧУК,
А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ, док. тех. наук,

Національний університет водного господарства та природокористування

Розглянуто науково-методичні підходи до обґрунтування проектної врожайності сільськогосподарських культур на меліорованих землях з регульованим водним режимом на основі застосування комплексу прогнозно-імітаційних моделей. Запропоновано оцінювати ринкову вартість осушуваних земель на основі показника розрахункової проектної врожайності, яка відображає її досягнення в умовах меліоративних об'єктів з двостороннім регулюванням водного режиму.

Ключові слова: обґрунтування, врожайність, осушувані землі, ринкова вартість

Постановка проблеми. Аграрна реформа стала невід'ємною складовою загальноекономічних перетворень у країні і вносить корінні зміни у відносини товаровиробників і держави, організаційно-правові форми господарювання та види власності. З часів, коли землекористування в Україні стало платним, актуального значення набула найважливіша економічна функція землі - її цінність як об'єкта товарного обігу, інвестування й оподатковування [1, 2].

Мета дослідження полягає в розробці наукових підходів до обґрунтування показника проектної врожайності на осушуваних землях за довготерміновим прогнозом для застосування його у подальшому оцінюванні їхньої ринкової вартості.

Актуальність дослідження. У зв'язку з розвитком ринкових відносин результати оцінки земель минулих років не зовсім відповідають сучасному стану економіки сільського господарства. Діючи донедавна методики з оцінки сільськогосподарських земель не враховували специфіки їхнього безпосереднього використання. У сучасних умовах економічну оцінку земель сільськогосподарського призначення варто здійснювати, насамперед, на основі диференційованої оцінки рівня їхньої продуктивності у вигляді врожайності сільськогосподарських культур польових сівозмін з урахуванням природно-кліматичних зон й інших умов конкретного регіону. Це надасть змогу здійснити розробку ще більш універсального методу оцінки вартості землі.

Зв'язок із важливими науковими завданнями. Авторський доробок пов'язаний з

тематичними планами науково-дослідних робіт НУВГП за держбюджетною й господарською тематиками відповідно до програм Міністерства освіти і науки та Державного агентства водних ресурсів України “Розробити теоретичні засади моделювання продуктивності осушуваних гідроморфних ґрунтів для прогнозування їхнього екологічного стану” (0105U001486) та “Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем” (0104U006400).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Значний внесок у розробці методів економічної оцінки сільськогосподарських земель належить роботам Бронштейна М.Л., Добряги Д.С., Єфімова В.П., Мілосердова В.В., Ніколенко Г.С., Павлова В.І., Паламарчука Л.В. [1-3 та ін.]. У багатьох підходах основою виступає значення врожайності сільськогосподарських культур. Але через наявну систему нормування врожайності, що використовується у проектах будівництва, реконструкції та експлуатації МС і повною мірою не відображає стан та не враховує характерні особливості, притаманні меліорованим землям у конкретних умовах їхньої експлуатації (клімат, ґрунти, врожай культури, режими та технології водорегулювання тощо), її значення не можуть бути ефективно використані в запропонованих підходах. У зв'язку з цим, є гостра потреба у створенні відповідних науково-методичних підходів, що дасть змогу врахувати всі зазначені множинні змінні чинники впливу на стадії проекту.

Новизна полягає у розробці методу обґрунтування проектної врожайності як основи оцінювання ринкової вартості сільськогосподарських земель.

Викладення основного матеріалу. Загальновідомо, що формування врожаю на меліорованих і, зокрема, на осушуваних землях, є надзвичайно складним процесом і відбувається внаслідок впливу природних, агротехнічних та меліоративних факторів, а саме: тепла, вологи, повітря, поживного режиму та технологій вирощування і водорегулювання [4-6, 10].

Забезпеченість конкретної культури зовнішніми факторами визначається, перш за все, природно-кліматичними умовами зони розташування об'єкта та вегетаційним періодом культури. Інтегральним показником узгодження наявних ресурсів є встановлення забезпеченої відповідними ресурсами вро-

жайності конкретної культури для відповідної зони її вирощування. Тому нами пропонується удосконалена класифікація категорій врожайності з урахуванням факторів впливу на розвиток культур для меліорованих земель у вигляді відповідної структурної схеми (рис.1), яка є основою для створення загальної моделі врожайності (розрахунковий аналог реальної врожайності в умовах об'єкта).

На підставі узагальнення результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблена і пропонується модель врожаю сільськогосподарських культур на осушуваних землях у вигляді комплексної моделі мультиплікативного типу, що виражена через добуток кліматично забезпеченої врожайності та функцій впливу факторів на формування реальної врожайності, вплив яких оцінюється відповідними множинними коефіцієнтами:

$$Y_{kagsp} = Y_{akp}^F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \text{ ц/га} \quad (1)$$

де Y_{akp}^F – кліматично забезпечений врожай k -ї культури за період вегетації p ;

K_1 – коефіцієнт впливу на врожайність бонітету ґрунту ($0 \leq K_1 \leq 1$);

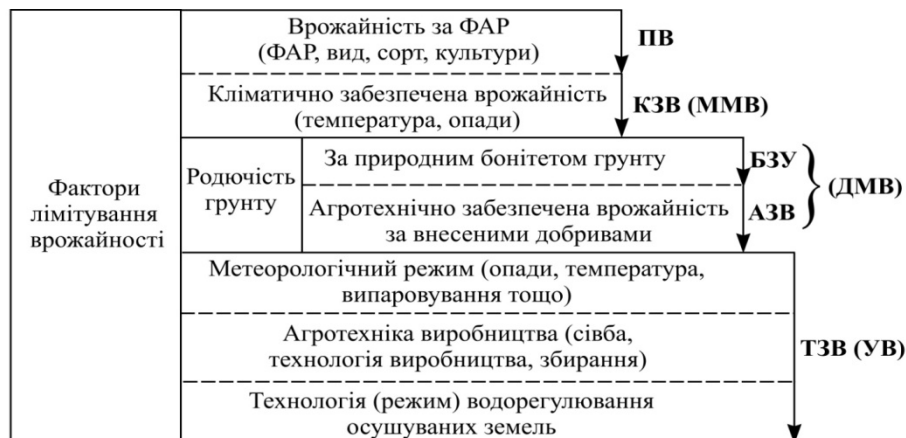
K_2 – коефіцієнт впливу на врожай внесених мінеральних та органічних добрив ($K_2 > 1$, але $0 < K_1 \times K_2 \leq 1$);

K_3 – коефіцієнт впливу на врожай k -ї культури відхилення терміну сівби (відновлення вегетації) від оптимального ($0 \leq K_3 \leq 1$) за умовами водорегулювання s ;

K_4 – коефіцієнт впливу на врожай поточних природно-меліоративних умов (клімату та технологій водорегулювання) періоду вегетації культури ($0 \leq K_4 \leq 1$);

K_5 – коефіцієнт впливу на врожай відхилення терміну збирання від оптимального ($0 \leq K_5 \leq 1$);

K_6 – коефіцієнт зменшення врожаю за рахунок втрат при збиранні та транспортуванні (амбарний врожай вирощеної продукції) ($0 < K_6 \leq 1$).



ПВ - потенційна врожайність; КЗВ - кліматично забезпечена врожайність; ММВ - метеорологічно можлива врожайність; БЗУ - врожайність, забезпечена природним бонітетом ґрунту; АЗВ - агротехнічно забезпечена врожайність; ДМВ - дійсно можлива врожайність; 3В - технологічно забезпечена врожайність; УВ - врожайність виробництва.

Рис.1. Удосконалена класифікація категорій врожайності на меліорованих землях

У свою чергу, загальна модель врожайності є основою визначення проектної врожайності на осушуваних землях, яка може бути представлена як середньозважена в часі та просторі величина

$$\bar{Y}_k = \sum_{\omega=1}^{n_{\omega}} \sum_{g=1}^{n_g} \left(\sum_{p=1}^{n_p} Y_{k\omega gsp} \cdot \alpha_p \right) \cdot f_{\omega} \cdot f_g, \text{ ц/га}, \quad (2)$$

де $\bar{Y}_k$ – проектна врожайність k -ї культури за визначеною технологією водорегулювання в заданих умовах;

$Y_{k\omega gsp}$ – дійсно можлива врожайність k -ї культури у відповідних кліматичних ω , ґрунтових g , меліоративних (технологія водорегулювання) s умовах у різних (розрахункових) за тепло- й вологозабезпеченістю періодах вегетації p ;

f_{ω}, f_g – дольові частки розповсюдження відповідно природно-кліматичних та ґрунтових відмін у межах об'єкта;

α_p – дольова частка повторення розрахункових періодів вегетації, p у межах проектного терміну функціонування об'єкта, приведеного до 1.

Реалізація даного підходу ґрунтується на використанні комплексу прогнозно-імітаційних моделей: кліматичних умов місцевості з урахуванням їх зміни в межах періоду експлуатації МС, водного режиму та продуктивності меліорованих земель. Визначення необхідних значень складових моделі дійсно можливої врожайності здійснюється шляхом вирішення складного та багатопараметричного завдання на основі застосування методів імітаційного моделювання з використанням ЕОМ, аналізу та синтезу. Принципи реалізації даного комплексу моделей регламентовано відповідними галузевими нормативами [7-9].

Розглянутий підхід з обґрунтування врожайності можна застосовувати в структурі методики з визначення ринкової вартості сільськогосподарських угідь [2], за якою математичне вираження ціни на землю має такий вигляд:

$$C_3 = \sum_{n=1}^{n_x} \Gamma_{oz} / (1+i)^n, \quad \text{грн} \quad (3)$$

де C_3 – ринкова вартість землі;

Γ_{oz} – нормативна вартість землі, грн.;

n – термін користування землею, років; i – розмір дисконтної ставки, %.

Нормативна вартість землі може бути визначена як

$$\Gamma_{oz} = \sum_{k=1}^{n_k} Y_k^o \cdot C_k^o - Z_k^o / \left(1 + \frac{H_K}{100} \right)^{T_K}, \text{ грн.} \quad (4)$$

де Y_k^o – врожайність k -ї товарної культури в сівозміні, ц/га;

C_k^o – ціна реалізації 1 ц k -ї товарної культури, грн.;

Z_k^o – виробничі витрати на 1 га посіву k -ї товарної культури, грн.;

T_K – термін капіталізації доходу, років;

H_K – норма капіталізації землі;

n_k – кількість культур у сівозміні.

Нормативну грошову оцінку 1 га агрови-робничої групи ґрунтів визначають

$$\Gamma_{agr} = (\Gamma_{oz} \cdot B_{30}) / B_{agr}, \text{ грн.} \quad (5)$$

де B_{30}, B_{agr} – бали земельної ділянки і агро-виробничої групи ґрунтів.

Результати досліджень. Перевірка запропонованого підходу за ідентифікацією моделі врожайності здійснена для умов меліоративного об'єкта з двобічним регулюванням водного режиму осушуваних земель площею 397 га, що розташований у верхів'ї р. Прип'ять на землях ПСП "Україна" Любимльського району Волинської області. У таблиці 1 наведені результати розрахунку проектної врожайності на прикладі картоплі і багаторічних трав на сіно при їх вирощуванні на дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах (бонітет 30 балів) за поширених на осушуваних землях технологіях водорегулювання.

1. Розрахунок проектної врожайності картоплі та багаторічних трав на сіно

$p, \%$	$Q_{kp}, \text{кДж/см}^2$	$Y_{окр}^F, \text{ц/га}$	$Y_B, \text{ц/га}$	$Y_A, \text{ц/га}$	K_4	$Y_{к\omega sp}, \text{ц/га}$	$\eta_{\Phi}, \%$
Картопля (потенційне значення ККД ФАР $\bar{\eta}_k=2,0\%$)							
Попереджувальне шлюзування							
10%	83	230	69	248	0,721	179	1,55
30%	96	265	80	258	0,843	218	1,64
50%	118	327	98	277	0,814	225	1,38
70%	141	392	118	296	0,658	195	0,99
90%	177	492	148	326	0,594	194	0,79
	123	341	102	281	0,734	$\bar{Y}_k=204$	1,27
Зволожувальне шлюзування							
10%	83	230	69	248	0,721	179	1,55
30%	96	265	80	258	0,843	218	1,64
50%	118	327	98	277	0,832	230	1,41
70%	141	392	118	296	0,731	216	1,10
90%	177	492	148	326	0,616	201	0,82
	123	341	102	281	0,760	$\bar{Y}_k=212$	1,31
Осушення							
10%	83	230	69	248	0,721	179	1,55
30%	96	265	80	258	0,821	212	1,60
50%	118	327	98	277	0,759	210	1,29
70%	141	392	118	296	0,601	178	0,91
90%	177	492	148	326	0,479	156	0,64
	123	341	102	281	0,684	$\bar{Y}_k=189$	1,20
Багаторічні трави на сіно (потенційне значення ККД ФАР $\bar{\eta}_k=3,0\%$)							
Попереджувальне шлюзування							
10%	113	72	22	71	0,476	34	1,41
30%	130	83	25	74	0,612	46	1,65
50%	160	102	31	80	0,757	61	1,79
70%	190	121	36	86	0,636	55	1,36
90%	236	150	45	95	0,576	55	1,09
	166	106	32	81	0,629	$\bar{Y}_k=51$	1,49
Зволожувальне шлюзування							
10%	113	72	22	71	0,476	34	1,41
30%	130	83	25	74	0,612	46	1,65
50%	160	102	31	80	0,780	63	1,84
70%	190	121	36	86	0,682	59	1,45
90%	236	150	45	95	0,594	56	1,12
	166	106	32	81	0,648	$\bar{Y}_k=53$	1,54
Осушення							
10%	113	72	22	71	0,476	34	1,41
30%	130	83	25	74	0,645	48	1,74
50%	160	102	31	80	0,699	56	1,65
70%	190	121	36	86	0,542	47	1,15
90%	236	150	45	95	0,393	37	0,74
	166	106	32	81	0,570	$\bar{Y}_k=46$	1,37

Примітка: Тут Y_B - врожайність за бонітетом ґрунту, Y_A - агротехнічно забезпечена врожайність, η_{Φ} - фактичне значення ККД ФАР, Значення проектної врожайності культур і відповідні їм фактичні значення ККД ФАР, виділені напівжирним курсивом.

Висновки. Даний підхід з обґрунтування показника проектної врожайності на осушуваних землях, на відміну від наявних, дає змогу диференційовано здійснювати прогноз продуктивно-

сті осушуваних земель залежно від змінних умов МС, підвищувати обґрунтованість технічних й технологічних рішень у проектах будівництва, реконструкції та експлуатації МС, а також оці-

нювання ринкової вартості осушуваних сільськогосподарських угідь.

Перспективи використання результатів дослідження. Розроблений підхід може бути використаний як для обґрунтування оптимальних проектних рішень при будівництві, реконструкції та експлуатації МС і оцінці їх інвестиційної ефективності в зоні достатнього та нестійкого зволоження України з урахуванням технологічних, економічних та екологічних аспектів їх функціонування, так

і для оцінювання ринкової вартості сільськогосподарських земель.

В якості зацікавлених організацій можуть виступати проектні та експлуатаційні підрозділи Державного агентства водних ресурсів України, відповідних служб Міністерства аграрної політики, Міністерства екології та природних ресурсів, інших відомств, сфера діяльності яких поширюється на сільськогосподарські угіддя з регульованим водним режимом гумідної зони України.

Бібліографія

1. Добряга Д.С. Економічний оборот землі в Україні: теорія, методологія і практика / Д.С. Добряга, А.Г. Тихонов, Л.В. Паламарчук. – К.: Урожай. – 2004. – 136 с.
2. Детермінація сільськогосподарських земель на ринку нерухомості: Монографія / В.І. Павлов, Ю.Г. Фесіна, В.М. Заремба, С.М. Мазурик. – Луцьк: Надстир'я. 2006. – 364 с.
3. Волков С.Н. Экономика землеустройства / С.Н. Волков. – М.: Колос. 1996. – 239 с.
4. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М.К. Каюмов. – М.: Агропромиздат. – 1989. – С.18-72.
5. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах. / А.М. Рокочинський. Монографія / За ред. акад. УАН Романенка М.І. – Рівне: НУВГП. – 2010. – 351с.
6. Шалай С.В. Оцінка продуктивності осушуваних земель за довготерміновим прогнозом / С.В. Шалай, А.М. Рокочинський. – Рівне: НУВГП. – 2011. – 149с.
7. Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем. Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 “Меліоративні системи та споруди” (розділ 3. Осушувальні системи). Київ – Рівне - 2006. – 50с.
8. Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 “Меліоративні системи та споруди”. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, В.М. Бежук та ін. – Рівне. - 2008. – 64 с.
9. Тимчасові рекомендації з прогносної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, Н.А. Фроленкова та ін. – Рівне. - 2011. – 54 с.
10. Thornley J.H.M. Mathematical models in plant physiology. A quantitative approach to problems in plant and crop physiology. - London; New York: Acad. Press, 1976. - 318 p.

С.В. Шалай, Н.А. Фроленкова, Н.С. Бондарчук, А.Н. Рокочинский **Обоснование проектной урожайности на осушаемых землях как основа оценивания и рыночной стоимости**

Рассмотрены научно-методические подходы к обоснованию проектной урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях с регулируемым водным режимом на основании применения комплекса прогнозно-имитационных моделей. Предложено оценивать рыночную стоимость сельскохозяйственных земель с учетом показателя расчетной проектной урожайности, отображающей ее достижение в условиях мелиоративных объектов с двусторонним регулированием водного режима.

S.V. Shalay, N.A. Frolenkova, N.S. Bondarchuk, A.M. Rokochinskiy **Justification of design productivity on the drained lands as a basis of their market estimation value**

Scientific and methodical approaches to justification of design productivity of crops on the reclaimed lands with the regulated water mode on the basis of application of a complex of expected and imitating models are considered. It's offered to estimate the market value of farmlands taking into account an indicator of the calculating design productivity displaying her achievement in the conditions of reclamation objects with bilateral regulation of the water mode.

УДК 631.8: 004.4

АВТОМАТИЗАЦІЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ПІДБОРУ ДОБРИВ ЗА БАЛАНСОВИМ МЕТОДОМ

М.І. РОМАЩЕНКО, док. тех. наук,

Т.В. МАТЯШ, канд. тех. наук,

В.П. КОВАЛЬЧУК, док. тех. наук,

Н.В. СОРОКА

Інститут водних проблем і меліорації НААН

В.О. БОГАЄНКО, канд. тех. наук,

Інститут кібернетики НАНУ

У статті запропоновано підхід до автоматизації процесу підбору добрив за компонентами балансовим методом по виносу поживних речовин рослинами з ґрунту та вибором певної торгової марки добрива за оптимальною ціною. Підхід реалізовано у вигляді модуля в системі підтримки прийняття рішень у землеробстві.

Ключові слова: добрива, автоматизація підбору, балансовий метод, винос поживних речовин рослинами, оптимальна ціна

Стан проблеми та постановка задачі. У сучасних умовах широкого застосування комп'ютерно-орієнтованих систем в аграрному виробництві авторами реалізовано автоматизований підбір добрив за балансовим методом у рамках інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень у землеробстві, що розробляється в Інституті водних проблем і меліорації НААН.

Для оптимізації процесу підбору добрив при вирощуванні різних сільсько-господарських культур та виконанні технологічних операцій з внесення добрив за допомогою системи отримуються варіанти рішень щодо їх кількості та оптимального набору. Система обирає добрива з присутніх на ринку торговельних марок таким чином, щоб забезпечити внесення необхідної кількості діючих речовин (N, P, K) і оптимізацію їх за ціною. Оптимальним приймається набір добрив, що з заданою точністю забезпечує потребу NPK і є мінімальним за ціною. Рішення можливо отримати як для поточного внесення, так і розрахувати потребу в добривах на весь період вегетації.

На початковому етапі для підбору добрив проводиться вибір ділянки чи поля та аналізуються його агрохімічні властивості. Цей процес може здійснюватися в он-лайн режимі шляхом отримання інформації з присутніх у системі ГІС-шарів – карти ґрунтів України щодо типу ґрунту та осереднених агрохімічних показників за даними ґрунтових обстежень.

Винесення поживних речовин із ґрунту рослинами визначається відповідно до їх типу, прогнозованої урожайності основної та побічної продукції, попередників, а також наявності внесених органічних добрив.

У задачах підбору мінімального по ціні набору добрив, що з достатньою точністю дозволяє внести в ґрунт необхідну кількість поживних речовин (азоту, фосфору та калію), переважає математичне формулювання у вигляді задачі лінійного програмування, що розв'язується симплекс-методом [1,2]. Недоліком такого підходу є поліноміальна обчислювальна складність симплекс-методу, що призводить до складнощів при розв'язанні з використанням бази даних добрив великого розміру. Зокрема, у [1,2] розглядається підбір лише з десятків найменувань.

Альтернативою є використання ітераційних, зокрема градієнтних [3], або евристичних (нейронні мережі, генетичні алгоритми) методів [4, 5]. Такі алгоритми дозволяють контролювати точність і час, що витрачається на розв'язання оптимізаційної задачі. Вони можуть бути застосовані не тільки до задач лінійного програмування, але й до випуклих. Евристичні методи мають перевагу у випадку багатокритеріальної оптимізації, коли існує можливість збіжності градієнтних методів до локальних оптимумів.

Метод дослідження. Наразі в господарствах норми внесення добрив для одержання запланованого врожаю визначаються шля-

хом використання одного із варіантів балансового методу. При цьому потребу в добривах обчислюють окремо для кожного їх виду (азотні, фосфорні, калійні), а норму внесення поживних речовин (N, P₂O₅, K₂O) визначають за виносом їх з урожаєм. При цьому враховуються наявність відповідних речовин у ґрунті та коефіцієнти використання поживних речовин з мінеральних добрив і ґрунту.

Таким чином, будемо розглядати формулу для обчислення норми внесення поживних речовин [6,7]:

$$H = \frac{U \cdot B - M \cdot K}{K_d}, \quad (1)$$

де H – норма внесення з добривами конкретної поживної речовини, кг/га; U – планова врожайність культури, ц/га; B – винос поживної речовини з ґрунту урожаєм основної та побічної продукції, кг/ц основної продукції; M – вміст доступних форм даної поживної речовини в ґрунті, кг/га; K , K_d – коефіцієнти використання поживної речовини відповідно з ґрунту і добрив, %.

У разі внесення разом із мінеральними органічними добрив формулу доповнюють виразом, що враховує використання рослинами доступних форм даної поживної речовини з органічних добрив [6,7]:

$$H = \frac{U \cdot B - M \cdot K - D_o \cdot P_o \cdot K_o}{K_d}, \quad (2)$$

де D_o – норма внесення органічних добрив, т/га; P_o – вміст поживної речовини в органічному добриві, кг/т; K_o – коефіцієнт використання даної поживної речовини з органічного добрива, %.

Дані щодо використання рослинами поживних речовин із ґрунту, органічних і мінеральних добрив, а також щодо виносу азоту, фосфору і калію з урожаєм наведені у довідковій літературі, зокрема [7]. При цьому використання поживних речовин із ґрунту залежить від його типу і забезпеченості поживними речовинами, а використання поживних речовин рослинами з органічних і мінеральних добрив триває 2–3 роки.

Нехай інформація стосовно наявних добрив зберігається в базі даних у формі $(M_i, S_{1i}, S_{2i}, S_{3i}, C_i), i = 1, \dots, N$, де M_i – назва добрива; S_{1i}, S_{2i}, S_{3i} – концентрації азоту,

фосфору та калію, відповідно; C_i – ціна. Позначивши цільові значення кількості речовин, отримані за формулами (1-2) як S_{1g}, S_{2g}, S_{3g} , формалізуємо задачу оптимізації таким чином:

$$\text{мінімізувати по } X \quad f(x) = \sum_{i=1}^N (C_i x_i)$$

за умов

$$g(x) = \sum_{j=1}^3 (\bar{S}_j(x) - S_{jg})^2 < \varepsilon_1 \sum_{j=1}^3 S_{jg}, \quad \bar{S}_j(x) = \sum_{i=1}^N (S_{ji} x_i), \quad (3)$$

$$x_i \geq \varepsilon_2, \quad i = 1, \dots, N,$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – задані константи, що визначають точність розрахунків.

Дана задача є задачею випуклої оптимізації, відмінність якої від задачі лінійного програмування полягає у середньоквадратичному критерії оцінки відхилення вибраних концентрацій речовин від цільових.

Задачу (3) пропонуємо чисельно розв'язувати градієнтним методом. При цьому на кожному кроці градієнтної процедури проводиться проектування наблизеного розв'язку на множину умов. Випукла постановка задачі дозволяє використовувати для цього апарат псевдообернення, отримуючи середньоквадратичні оцінки точності на всіх етапах процедури.

Алгоритм оптимального підбору добрив за діючою речовиною можна записати так:

1. Вибираємо крок H , що залежить від максимальної ціни добрив.
2. Виконуємо крок градієнтної процедури (i – номер ітерації):

$$\tilde{x}^{(i+1)} = x^{(i)} - H \cdot \text{grad} f(x) \Big|_{x=x^{(i)}}. \quad (4)$$

Для пришвидшення збіжності пропонується зміщувати поточне наближення не у напрямку найшвидшого спуску, а у напрямку, що залежить від попередніх наближень:

$$\tilde{x}^{(i+1)} = 2x^{(i)} - x^{(i-1)} - H \cdot \text{grad} f(x) \Big|_{x=x^{(i)}}. \quad (5)$$

Формула (5) застосовується у разі якщо таке зміщення призведе до зменшення значення цільової функції:

$$(x^{(i-1)} - x^{(i)} + H \cdot \text{grad} f(x) \Big|_{x=x^{(i)}}) \cdot C > 0, \quad \text{де}$$

$(\bullet, \bullet)$ – операція скалярного добутку векторів. В іншому разі застосовується формула (4).

3. Проектуємо $\tilde{x}^{(i+1)}$ на множину $x : x_i \geq \varepsilon_2, i = 1, \dots, N$:

$$\bar{x}^{(i+1)} = \begin{cases} \tilde{x}_k^{(i+1)}, & \tilde{x}_k^{(i+1)} > \varepsilon_2 \\ 0, & \tilde{x}_k^{(i+1)} \leq \varepsilon_2 \end{cases}.$$

4. Проектуємо $\bar{x}^{(i+1)}$ на множину $x : g(x) = 0$ використовуючи апарат псевдообернених матриць:
- $$x^{(i+1)} = A^+ \cdot (S_{1g}, S_{2g}, S_{3g}) + (I - A^+ A) \bar{x}^{(i+1)},$$

де $A = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix}$, а $\bullet^+$ - операція

псевдообернення.

5. Якщо $\|\bar{x}^{(i+1)} - x^{(i+1)}\|^2 > \varepsilon_3$, де ε_3 - задана константа, встановлюємо $\tilde{x}^{(i+1)} = x^{(i+1)}$ та повертаємось до пункту 3. Таким чином ітераційно знаходимо середньоквадратично найближчу до $\tilde{x}^{(i+1)}$ кількість добрив, що середньоквадратично задовольняє обмеженням задачі (3).

6. Якщо $\|x^{(i+1)} - x^{(i)}\|^2 > \varepsilon_3$, а проведена кількість ітерацій не більша за задану максимальну, переходимо до пункту 2 алгоритму.

7. Проектуємо $x^{(i+1)}$ на множину $x : x_i \geq \varepsilon_2, i = 1, \dots, N$:

$$\hat{x} = \begin{cases} x_k^{(i+1)}, & x_k^{(i+1)} > \varepsilon_2 \\ 0, & x_k^{(i+1)} \leq \varepsilon_2 \end{cases}.$$

8. Перевіряємо виконання умови

$$g(\hat{x}) < \varepsilon_1 \sum_{j=1}^3 S_{jg}. \quad \text{Якщо вона}$$

виконується, то $\hat{x}$ - точний розв'язок задачі, інакше — наближений.

Реалізація алгоритму у вигляді модуля розрахунку доз добрив. Описаний вище алгоритм був програмно реалізований у вигляді веб-додатку на мовах HTML5 та JavaScript у вигляді модуля системи підтримки прийняття рішень у землеробстві.

Користувач за допомогою інтерактивної карти задає для визначеного поля культуру, що там зростає, та величини (рис.1), потрібні для оцінки кількості поживних речовин, які

мають бути внесені. Після цього система завантажує на комп'ютер користувача список добрив, які можуть вноситись, та виконує підбір оптимального їх набору.

Грунтові характеристики (тип ґрунту та осереднені агрохімічні показники) приймаються за даними ґрунтових обстежень. У разі наявності фактичних даних аналізу ґрунтових профілів інформація вноситься безпосередньо в діалогове вікно.

Потреба поля в добривах визначається як сума добутку доз добрив на відповідну площу ділянок з однаковими характеристиками. Підбір добрив і доз здійснюється автоматично. Для цього використовуються актуальні бази даних присутніх на ринку добрив за оптимальною ціною та необхідною кількістю діючої речовини.

Система, що розробляється, є веб-орієнтованою, клієнт-серверною. Варіанти рішень та база даних добрив зберігаються на сервері. Розрахунки і розв'язання оптимізаційної задачі (3) проводяться на комп'ютері користувача.

Оскільки наразі потужність користувацьких пристроїв є достатньо високою й надалі зростає, актуальним є використаний підхід, пов'язаний з перенесенням обчислювально складних операцій з серверу на користувацький комп'ютер. Важливим тут є балансування завантаженості процесорів серверу та каналів зв'язку. Розглядувана задача з однієї сторони потребує виконання обчислень, значних при великому завантаженні сервера, але таких, що за задовільний час можуть бути виконані на комп'ютері користувача, а з іншої сторони може потребувати передачі великого об'єму даних (вибірки з бази даних добрив). Реалізоване архітектурне рішення є оптимальним у ситуації великої кількості користувачів системи та невеликої бази даних добрив. В інших ситуаціях доречним є мати як клієнтську, там і серверну реалізацію алгоритму, з автоматичним вибором однієї з них в залежності від поточного стану серверу та системи.

Важливим аспектом, необхідним для впровадження та ефективного використання розробленого модуля, є формування та поповнення баз даних агрохімічних параметрів моделей (1), (2) та бази даних наявних на ринку добрив.

Рис. 1 Веб-інтерфейс модуля розрахунку доз добрив

В Інституті водних проблем і меліорації ведуться роботи щодо формування розділів «Агрохімічні властивості ґрунтів України за даними IX туру обстеження у розрізі областей» та «Винесення поживних речовин сільськогосподарськими культурами з ґрунту» відповідних баз даних та вивчаються потенційні можливості автоматичного формування та оновлення бази даних мінеральних добрив.

Висновки. Алгоритм оптимального підбору доз добрив, запропонований і реалізований авторами у вигляді модуля для веб-системи підтримки прийняття рішень дозволить аграрним підприємствам зекономити

час на розрахунки та кошти на купівлю добрив. Зауважимо, що ефективність застосування розробленого математичного та програмного забезпечення залежить від повноти та детальності вмісту баз даних, які використовуються у його роботі.

Модуль можна використовувати при плануванні врожаю на сезон або розрахунку кількості чергового внесення добрив, визначення прогнозованої врожайності при відновленні систем зрошення на великих територіях, а також он-лайн консультаціях всіх зацікавлених сторін.

Бібліографія

1. Zaliwski A. S. 2012. Validation of the decision support system ZeaSoft – fertilization module. *Inzynieria Rolnicza*. 2(137): 357-365.
2. M.V. Bueno-Delgado, J.M. Molina-Martínez, R. Correoso-Campillo, P. Pavón-Mariño Ecofert. 2016. An Android application for the optimization of fertilizer cost in fertigation // *Computers and Electronics in Agriculture*. 121: 32-42.
3. Michael J Hartley. 1983. Econometric methods for agricultural supply under uncertainty: Fertilizer use and crop response. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. 94: 575-601.
4. D. Pokrajac, Z. 2001. Obradovic Neural network-based software for fertilizer optimization in precision farming. *International Joint Conference*. 3: 2110 – 2115.

5. Ralf Seppelt, Alexey Voinov. 2002. Optimization methodology for land use patterns using spatially explicit landscape models. *Ecological Modelling*. 151: 125-142.
6. Лазер П.Н., Михеев Є.К. Інструментарій і технології організації інформації в землеробстві. Навчальний посібник/Для студентів агрономічних спеціальностей. – Херсон: Видавництво ХДУ. – 2006. – 368 с.
7. Органічна система землеробства в лісостепу України. – К.:НУБІП, 2014. – 39 с.

М.И. Ромащенко, Т.В. Матяш, В.О. Богаенко, В.П. Ковальчук, Н.В. Сорока
Автоматизация и оптимизация подбора удобрений по балансовому методу

В статье предложен подход к автоматизации процесса подбора удобрений по компонентам балансовым методом. Удобрения подбираются по выносу питательных веществ растениями из почвы с выбором определенной торговой марки по оптимальной цене. Подход реализован в виде модуля в системе поддержки принятия решений в земледелии.

M.I. Romashchenko, T.V. Matiash, V.O. Bohaienko, V.P. Kovalchyk, N.V. Soroka
Automation and optimization of fertilizer selection using the balance method

An approach to automating the selection of the cheapest set of fertilizers which application supplies needed amount of nutrients calculated using balance method according to nutrients removal from the soil done by the plants has been proposed. The approach has been implemented as a module of decision-support system in crop farming, which can advise farmers online

УДК 631.15+631.5/631.8:004.9

СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧЕРЕЗ МЕРЕЖУ ІНТЕРНЕТ

М.І. РОМАЩЕНКО, док. тех. наук.,**В.П. КОВАЛЬЧУК**, док. тех. наук,**Ю.О. ТАРАРІКО**, док. с.-г. наук,**Ю.В. СОРОКА**, канд. с.-г. наук,**А.В. КРУЧЕНЮК**

Інститут водних проблем і меліорації НААН

О.С. ДЕМЧУК, канд. тех. наук,

Національний університет водного господарства та природокористування

Проведено аналіз інформаційного забезпечення в аграрному виробництві. В ІВПіМ розробляється «Система інформаційного забезпечення аграрного виробництва», що має дворівневу структуру прийняття рішень і містить базу даних. На рівні «господарство» система, враховуючи як економічні пріоритети та побажання господарства, так і ґрунтово-кліматичні та екологічні обмеження, допомагає агровиробнику (користувачу системи) визначити набір пріоритетних культур за допомогою підсистеми «Сівозміни». На рівні «поле» система, використовуючи базу даних, допомагає розрахувати користувачеві технологічні карти визначених пріоритетних культур. База даних системи складається з п'яти розділів: «землеробство», «агроресурсний потенціал», «меліорація», «механізація та переробка», «тваринництво» і дає довідкову інформацію для агровиробника.

Ключові слова: землеробство, технологічна карта, підтримка прийняття рішень, інформаційна система, база даних, Інтернет

Аналіз стану інформаційного забезпечення в аграрному виробництві. Інформатизація аграрного виробництва в Україні відбувається швидкими темпами. Цьому сприяє розвиток телекомунікаційних, комп'ютерних технологій, агротехнологій і технічних засобів, динамічні зміни ситуації на аграрному ринку.

У зв'язку з цим виникає необхідність представлення знань у вигляді інформаційних технологій: інформаційних [1-5] або інформаційно-аналітичних систем (ІАС) [6-11], програм технологічних розрахунків [12-14], які оперативно забезпечують зручний доступ до необхідної інформації, відображають стан та можливі сценарії розвитку аграрного виробництва на конкретному агропідприємстві або в певному регіоні України, дозволять автоматизувати процес прийняття управлінських рішень.

Коротко проаналізуємо наявні інформаційні технології. **Інформаційні системи** використовують у своєму складі бази даних [1-2, 7, 9, 11-15], або подають інформацію у вигляді каталогу інформаційних сторінок у мережі Інтернет, оперативно надають користувачеві певну інформацію на його запит, наприклад щодо сортів і насіння [2, 5], засобів захисту рослин [5, 7], добрив та мікрое-

лементів [2, 7] або сільськогосподарської техніки [1-3, 5], умов та ринків збуту продукції [3, 6] тощо.

Інформаційно-аналітичні системи, метою котрих є допомога користувачам, що приймають рішення в складних умовах. Для повного і об'єктивного аналізу предметної діяльності використовують і бази даних і моделі аналізу для ідентифікації і прийняття рішень (вони лише підтримують, але не заміняють прийняття рішення).

Інформаційно-аналітична система GAEZ (Global Agro-Ecological Zones) розроблена фахівцями Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (IASA, м. Відень) [11]. В їх методологію агроекологічних зон (базується на ГІС-технологіях) для оцінки сільськогосподарських ресурсів і агропотенціалу регіону входять земельні ресурси, в тому числі ґрунтові ресурси, ресурси місцевості та рослинного покриву, водні ресурси. Для прийняття рішень про оптимальний напрям господарювання оцінюються:

- агрокліматичні ресурси, у тому числі різні кліматичні показники;
- придатність до вирощування і потенційний врожай для понад 280 культур за різних видів землекористування в рамках альтерна-

тивних рівнів управління як для поточних, так і для майбутніх кліматичних умов;

- фактичні врожайність і виробництво основних сільськогосподарських культур, співвідношення між фактичним урожаєм і потенціалом основних сільськогосподарських культур.

У мережі Інтернет є посилання на розробку фірми «Сітронікс інформаційні технології» спільно з Інститутом сучасних аграрних технологій – гео-інформаційна система AgroClever [10], що реалізує завдання планування і управління аграрним господарством, такі як планування сівозміни, формування агротехнологічних карт, оцінка ефективності виробництва, прогнозування врожаю, аналіз діяльності. Істотним її недоліком є відсутність у широкому доступі через комерційну спрямованість.

Програми технологічних розрахунків [12-14] не розповсюджуються через мережу Інтернет та допомагають здійснити:

- планування агротехнічних заходів для конкретних полів, на яких будуть вирощуватись культури ;
- визначення параметрів управління, термінів проведення операцій, їх характеристики і умови відтворення (у вигляді технологічних карт);
- видачу науково обґрунтованих рекомендацій;
- автоматизацію оперативного керування технологічним процесом вирощування с.-г. культур, економічних розрахунків.

Створення програмно-інформаційного комплексу (ПК) «Електронні технологічні карти ІЗЗ НААН» [13] мало на меті вирішення задач оптимізації регіональної системи землеробства. Основною функцією є управління технологічними процесами вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях (шляхом формування технологічних карт) та можливість забезпечити гарантоване екологічно безпечне виробництво проектних обсягів продукції рослинництва при високій ефективності використання зрошуваних земель.

У Херсонському державному аграрному університеті розроблені інформаційні продукти технологічного спрямування: автоматизована система планування технологій «Агротехнолог» [12] та програма планування у сільському господарстві «Електронні техно-

логічні карти вирощування сільськогосподарських культур» [14].

Аналіз наявних інформаційних технологій аграрного спрямування показує, що сьогодні для господарства актуальними є два завдання – визначити ряд найбільш прибуткових для вирощування сільськогосподарських культур (сформувати їх у оптимальну сівозміну) та розрахувати економічно і екологічно обґрунтовані технологічні карти для кожної з них. Тому в Інституті водних проблем і меліорації виникла ідея розробити «Систему інформаційного забезпечення агровиробництва», яка б допомогла сільгоспвиробникові розв'язати ці два завдання.

Методичні основи, на яких базувались розробники, ґрунтуються на використанні системного аналізу, застосуванні методу системної декомпозиції на різних рівнях ієрархії використання інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень. При розробці структури інформаційної системи враховувалось, що на різних рівнях прийняття рішень, відповідно до [16], інформація групується відповідним чином: *національний* рівень передбачає узагальнення даних для галузей агропромислового виробництва або для економічних районів; на *регіональному* рівні інформація групується за фізико-географічними принципами. Це фізико-географічні області або райони, великі масиви зрошення або осушення, чи області або райони в адміністративному плані. Тут визначаються пріоритетність меліоративних і природоохоронних заходів, відновлення існуючого чи планування нового зрошення; умови території щодо вибору технологій рослинництва та системи землекористування. На *локальному* рівні інформацію об'єднують за ландшафтно-геосистемним та агросистемним принципами. Територіально – це сукупності сівозмінних масивів в межах господарства чи меліоративної системи, в часовому вимірі проводиться річне планування заходів і технологій. Тут забезпечується адаптація технологій землеробства до конкретних умов господарства. *Детальний* рівень оперативного управління технологічними процесами здійснюється на полі, засіяному певною культурою, шляхом адаптації типових агротехнологічних карт вирощування тієї чи іншої культури до умов цього поля.

Структура і склад «системи інформаційного забезпечення аграрного виробництва». Розробниками прийнята дворівнева структура «системи інформаційного забезпечення аграрного виробництва» (рис. 1), яка

складається з рівня «господарство» і рівня «поле». На рівні «господарство» системою аналізується вхідна інформація, отримана від користувача та бази даних, і видаються рекомендації про набір культур і застосування відповідних технологій їх вирощування в ґрунтово-кліматичних і господарських умовах регіону, де розміщене господарство. При

цьому враховуються як економічні пріоритети та побажання господарства, так і екологічні обмеження, які існують на даній території. Тобто відбувається визначення економічно доцільних та екологічно обґрунтованих площ посівів для обраного складу культур та їх розміщення у вигляді сівозмін.

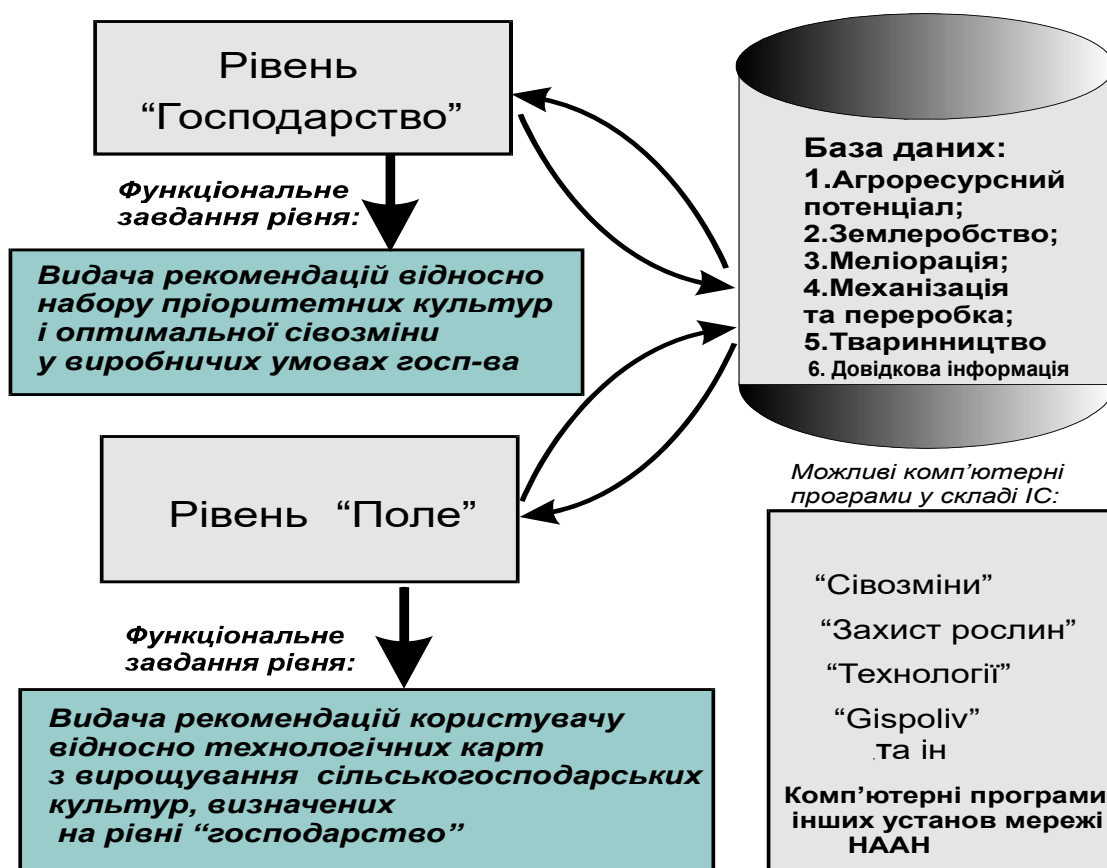


Рис.1. Загальна структура функціонування ІС

На рівні «поле» за допомогою системи планується формувати відповідну технологічну карту з вирощування конкретної культури на конкретному полі у складі визначеної сівозміни.

Структура бази даних (БД) і знань системи інформаційного забезпечення агровиробництва (рис. 2) включає блоки даних «Агроресурсний потенціал», «Меліорація» «Землеробство», «Тваринництво», «Механізація та переробка», «Довідкова інформація» та відповідні бази знань (БЗ). Для формування БД використовували напрацювання Інституту водних проблем і меліорації, літературні джерела [16-20], інформацію з рекламних проспектів і буклетів, з мережі Інтернет.

Інтерфейс системи реалізовано у веб-сервовищі на платформі wordpress.

Для проведення розрахунків і підтримки прийняття управлінських рішень у складі системи використовується ряд комп'ютерних програм, розроблених в ІВПМ, які реалізують відповідні підсистеми. програма «сівозміни» на рівні «господарство» допомагає здійснювати підбір попередників та побудову оптимальних сівозмін у системі інформаційного забезпечення аграрного виробництва. Біологічна оцінка попередників проводиться за 100-бальною шкалою, де 1 бал відповідає одному відсоткові від найвищої продуктивності вибраної культури після конкретного попередника. Оцінювання проводиться для певної географічної зони (степ, лісостеп,

полісся) України. Для прикладу, програма «технології» на рівні «поле» розраховує оптимальні технологічні карти ряду найпоши-

реніших культур (озима пшениця, кукурудза, картопля, цукровий буряк, ярий ячмінь, горох).

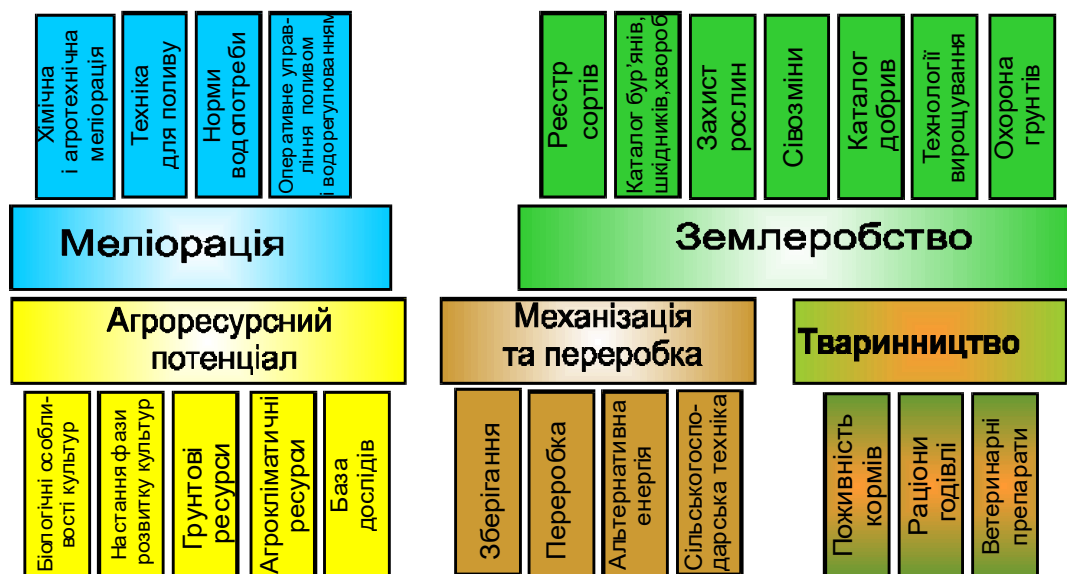


Рис. 2. Структура бази даних системи інформаційного забезпечення агровиробництва

На сьогодні система надає користувачеві інформацію про технології вирощування сільськогосподарських культур, картографічну інформацію про агрокліматичні ресурси, ґрунтовий покрив, проведення дослідів дослідною мережею НААН, інформацію про використання мінеральних добрив. На меліорованих землях система надає інформацію про норми водопотреби основних сільськогосподарських культур для кліматичних умов регіону, про дощувальну техніку і насосне обладнання для конкретного господарства надає інформацію. Шляхом переходу за посиланням на ІС «gispoliv» можна пристосувати оперативне управління поливами у господарстві.

Висновки. У результаті аналізу літературних джерел та наявних у мережі Інтернет інформаційних продуктів встановлено, що інформаційна підтримка сільгоспвиробника у прийнятті економічно і екологічно обґрунтованих рішень має стати пріоритетом при розробці інформаційних і інформаційно-

аналітичних систем підтримки прийняття рішень.

Для вищезазначеного в Інституті водних проблем і меліорації розробляється інформаційна система з базою даних, що допоможе сільгоспвиробникові визначити ряд найбільш прибуткових для вирощування сільськогосподарських культур (сформувати їх у сівозміну) та розрахувати економічно і екологічно обґрунтовані технологічні карти для кожної з цих культур.

Реалізація інтерфейсу системи у Веб-середовищі на платформі WordPress дозволяє використовувати інформацію широкому загалу агровиробників, науковців, викладачів і студентів.

Розвиток інформаційної системи має спрямовуватись на поглиблення аналітичної складової – алгоритмів і моделей підтримки прийняття управлінських рішень і розширення інформаційної бази даних, а також розширення застосування ГІС-технологій.

Бібліографія

1. Сайт: Міжнародний інформаційно-маркетинговий центр "Машини і обладнання для АПК" - Електронний ресурс. - Режим доступу: <http://www.agrotechnika-ukr.com.ua/>
2. Сайт "©AgroScience.com.ua 2008-2015 р." - Електронний ресурс. - Режим доступу: <http://www.agroscience.com.ua/>

3. АГРОПРОМ-Агропромисловий Портал України - Електронний ресурс. - Режим доступу: <http://agroprom-ua.com/>
4. Інформаційний портал Agrolife.info. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.agrolife.info/>
5. Інформаційно-дорадчий портал НУБіП "Аграрний сектор України". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.agroua.net/>
6. Апк-Інформ Онлайн, Інформаційно-аналітичне агентство «АПК-Інформ» - Електронний ресурс. - Режим доступу: <http://www.apk-inform.com/>
7. Агропортал "©Pesticidov.net". - Електронний ресурс. - Режим доступу: <http://www.pesticidov.net/>
8. Соловійов А. І. Розробка і впровадження інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття управлінських рішень в аграрних підприємствах /А.І. Соловійов //Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. - 2013. - № 1-2(2). — С. 148-154. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vzhnau_2013_1-2\(2\)_21.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vzhnau_2013_1-2(2)_21.pdf).
9. Ткаченко О.М. Інформаційно-аналітична система підтримки прийняття рішень у рослинництві як складова системи електронного дорадництва /О.М. Ткаченко/Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво", Луцьк. - 2012, №10 —С. 189-198.
10. Система підтримки прийняття рішень AgroClever. - Електронний ресурс. - Режим доступу: <http://www.agroclever.com/>
11. Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v3.0): Model Documentation. /Günther Fischer, Freddy O. Nachtergaele, Sylvia Prieler and other. -IIASA/FAO, 2012. - 198 p.
12. Лазер П. Н. Інструментарій і технології організації інформації в землеробстві : Навч. посіб. / П. Н. Лазер, Є. К. Міхеев; Херсон. держ. аграр. ун-т. —Херсон: 2006. —368 с.
13. Бояркіна Л. В. Науково-практичні аспекти використання програми "Електронні технологічні карти ІЗЗ НААН" для планування технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах зрошення /Л. В. Бояркіна // Зрошуване землеробство. - 2014. - Вип. 61. - С. 73-78. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zz_2014_61_27
14. Моделювання і прогнозування для проектів геоінформаційних систем/ В.В.Морозов, С.Я.Плоткін, М.Г. Поляков [та ін.]; за ред. В.В. Морозова. — Херсон, Вид-во ХДУ, 2007. — 328 с. - ISBN 978-966-8249-83-9.
15. База даних «Свойства почв Украины». Структура и порядок использования /Т.Н. Лактионова, В.В. Медведев, К.В. Савченко [и др.]. — [2-е. изд.]. — Харьков: ЦТ № 1, 2012. — 150 с.
16. Інформаційне забезпечення зрошувального землеробства. Концепція, структура, методологія організації [Текст] /М.І. Ромащенко, Е.С. Драчинська, А.М. Шевченко; за ред. М.І. Ромащенка. — К. : Аграрна наука, 2005. — 196 с. ISBN 966-540-061-4.
17. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України /редкол.: М.В. Зубець (голова) та ін. — К.: Аграрна наука, 2010. — 980 с.
18. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України /Ред. кол.: М.В. Зубець та ін. — К.: Урожай, 2004. — 560 с.
19. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур [Текст]: [посібник] / [Камінський В. Ф. та ін.]; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т землеробства НААН". - К. : Едельвейс, 2012. - 195с.
20. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / За ред. Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. —Харків: ХНТУСГ. — 2006. — 725 с.

**М.І. Ромащенко, В.П. Ковальчук, Ю.А.Тарарико,
Ю.В.Сорока, А.В. Крученко, О.С. Демчук**

Система інформаційного забезпечення аграрного виробництва в мережі інтернет

Проведен аналіз інформаційного забезпечення в аграрному виробництві. В ІВПуМ розробляється «Система інформаційного забезпечення аграрного виробництва», що має двохуровневу структуру прийняття рішень і містить в своєму складі базу даних. На рівні «господарство» система, враховуючи як економічні пріоритети і побажання хо-

зайства, так и почвенно-климатические и экологические ограничения, помогает агропроизводителю (пользователю системы) определить набор приоритетных культур с помощью подсистемы «Севооборот». На уровне «поле» система, используя базу данных, помогает пользователю рассчитать технологические карты определенных приоритетных культур. База данных системы состоит из пяти разделов: «земледелие», «агроресурсный потенциал» «мелиорация», «механизация и переработка», «животноводство» и дает справочную информацию для агропроизводителя.

**M.I. Romashchenko, V.P. Kovalchuk, Y.O. Tarariko,
Y.V. Soroka, A.V. Krucheniuk, O.S. Demchuk**

Information management system for agricultural production on the Internet

The analysis of information support in the agricultural production has been done. IWPLR is developing now a "System of information support for agriculture", which has a two-level structure of decision-making and contains a database. At the level of "economy" the system, taking into account both the economic priorities and the wishes of the farms as well as soil-climatic and environmental constraints helps the agricultural producers (the users of the system) to define a set of priority crops using a subsystem "crop rotation". At the level of "field" the system, using the database helps the users to calculate the flow process charts for identified priority crops. The database of the system consists of five sections: "agriculture", "agri-resource potential" "reclamation", "mechanization and processing", "animal production" and provides some background information for agricultural producers.

УДК 631.67:631.152.2:631.152.3

СВІТОВИЙ ДОСВІД КОНСОЛІДАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

К.І. ЧОРНА

Інститут водних проблем і меліорації НААН

У даній статті висвітлено найбільш поширені і відомі у світі методи консолідації земельних ресурсів. Спираючись на позитивні практики світового досвіду, запропоновано основні моменти впровадження планів консолідації, які можуть бути використані для подальшого розвитку України.

Ключові слова: консолідація земель, асоціації водоземлекористувачів, оптимізація землекористування, земельна реформа

Постановка питання. Загальна площа земель України складає 60,37 млн. га (5,7% території Європи). З них 41,76 млн. га – це землі сільськогосподарського призначення (70% території країни). Одна третя світових запасів високородючих чорноземних ґрунтів знаходиться в Україні. Усе це разом з кліматичними та водними ресурсами створює величезний аграрний потенціал нашої держави.

Нині Україна зіткнулася із серйозними проблемами в організаційно-територіальній системі землекористування, коли розподіл земель сільськогосподарського призначення не враховує аспекти управління. Фрагментація земельних ділянок є чинником, що перешкоджає раціональному використанню ресурсів та отриманню стабільних, високих прибутків. Парцеляція призвела до того, що 31,0 млн. га сільгоспугідь знаходиться в користуванні 53 тис. землекористувачів.

Для вирішення зазначених проблем необхідним є вивчення всесвітньої практики щодо обміну та консолідації земель. Адже саме консолідація виступає одним із найефективніших заходів оптимізації землекористування.

Важливим є уникнення подвійності земель, вивчення позитивних практик, прийняття відповідного законодавства, визначення ролі державних органів щодо цих питань.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні консолідація земель проводиться у багатьох країнах у достатньо великому обсязі. Це, перш за все, такі країни як Болгарія, Молдова, Іспанія, Аргентина, Нідерланди, Португалія, Туреччина, Греція, Польща, Угорщина, Німеччина та інші. Роботи щодо консолідації земель відбуваються на основі спеціальних землепорядних проектів. Їх розробляють державні або приватні компанії, які мають відповідні ліцензії.

Варто відмітити, що у ряді країн були утворені державні організації для виконання певних функцій управління земельними ресурсами. Так, наприклад, у Болгарії була створена Національна компанія «Земля», в Нідерландах – Служба управління землями і водами, в Угорщині – Національний земельний фонд, у Чехії – Земельний фонд, у Польщі – Агентство сільськогосподарської нерухомості, у Литві – Національна земельна служба, у Латвії – Державна земельна служба, у Данії – Департамент консолідації земель.

У багатьох країнах такі служби розробляють свої пропозиції з приводу поліпшення земельної політики, формулюють та надають на розгляд законодавчих органів влади нормативно-правові документи про розвиток землекористування; створюють державні і регіональні програми, пов'язані з охороною навколишнього середовища; прогнозують і виконують роботи з вилучення та розподілу ділянок.

Найбільш поширені і відомі у світі методи консолідації земельних ресурсів наголошують на добровільному обміні земельними ділянками між власниками, перерозподілі земельних ділянок та певному їх розташуванню з метою оптимізації сільськогосподарського виробництва. Консолідація сприяє усуненню фрагментації земель із відповідним розташуванням до інфраструктури, доріг, місць проживання та ринків збуту сільськогосподарської продукції. Цей обмін повинен бути підкріплений на законодавчому рівні. Консолідація обов'язково має передбачати екологічні заходи (управління природними ресурсами, охорона навколишнього середовища, розвиток альтернативних джерел енергії, збереження природних ландшафтів тощо).

У зв'язку з фінансовими труднощами в Україні необхідним є реструктуризація управління водними ресурсами, яка зменшить кількість коштів, сплачуваних уряду. Це передбачає передачу частини завдань з управління водними ресурсами до суб'єктів господарювання. Аби змінити негативну ситуацію слід передати права на внутрішньогосподарську зрошувальну і дренажну систему користувачам за допомогою асоціацій водокористувачів (АВК), які будуть займатися питаннями управління водними ресурсами, експлуатації і обслуговування системи. Хоча це призведе до збільшення обсягів роботи та обов'язків господарів, однак збільшиться й виробництво [1,9].

Створення великих господарств надасть більш сприятливі умови для ведення зрошення за рахунок забезпечення цілісності внутрішньогосподарської мережі, використання спільної дощувальної техніки чи однієї насосної станції, врегулювання конфліктних ситуацій з питань водорозподілу, акумулювання коштів, зниження витрат на експлуатацію системи та проведення поливів, залучення кредитів для реконструкції зрошувальної мережі. Створені АВК будуть проводити навчання землеводокористувачів та представляти їх інтереси при взаємодії із державними організаціями [10].

Для здійснення реформи щодо передачі прав на володіння чи довгострокової оренди мережі та земельних ділянок потрібні державна підтримка та розробка відповідного державного законодавства. У випадку небажання окремого землевласника співпрацювати у межах АВК її члени проводять загальні збори. Загальні збори вважаються правомочними, якщо на них присутні дві третини членів асоціації. Призначається комісія, яка впроваджує відповідні заходи та розробляє правові документи, що передбачають реорганізацію асоціації.

Наведемо декілька прикладів впровадження методів консолідації земельних ресурсів у світі.

У Німеччині консолідація земель розпочалася понад 150 років тому. Земельна реформа призвела до рівня фрагментації земельної власності, коли домінують сімейні ферми середнього розміру та великі корпоративні господарства. Консолідація земель регулюється «Законом про консолідацію земель», який був застосований у Східній Німеччині в

1990 р. Відокремлюють такі інструменти консолідації земель, що можуть бути застосовані: комплексна консолідація земель; добровільний обмін земельними ресурсами; прискорена, спрощена консолідація земель [2].

Також використовується спеціальне регулювання стосовно упорядкування господарств і сільського нерухомого майна у зв'язку з реституційним процесом. Основним відповідальним органом, що проводить необхідні заходи, є Міністерство сільського господарства, а також Державне Управління з консолідації земель, що затверджує проекти і обирає інструмент впливу в кожному конкретному випадку. З чотирьох названих видів консолідації земель «добровільний обмін землі» є простим і швидким. Відповідно до Закону «Про консолідацію земель», головною метою добровільного обміну є вдосконалення структури сільського господарства та охорона природи.

На відміну від більшості інших країн з обов'язковим підходом консолідації земель Німеччина не потребує певного відсотка прихильності землевласників для початку і затвердження проектів. Проекти розпочинаються тільки після спеціальної ініціативи фермерів та організацій, що відповідають за охорону навколишнього середовища згідно з регіональними або місцевими стратегіями розвитку.

За останні десятиріччя завдання розвитку сільського господарства відійшли на задній план, поступившись необхідності охорони природи. У 2002 р. в Німеччині близько 7000 проектів щодо консолідації земель перебували в стадії реалізації та охоплювали 3,1 млн га [3].

У Болгарії реалізація земельної реформи зайняла багато років, а вибір відповідної земельної політики був зумовлений труднощами. Цей процес вимагав проведення правових інституційних реформ, розробки стратегії розвитку сільських районів [4,5].

У 1991 р. розпочався процес відновлення значної кількості невеликих сімейних ферм. Спадщина померлих землевласників перейшла у рівних долях до спадкоємців. Це призвело до поширеної ситуації спільної власності у країні, коли ділянки мають численних співвласників.

Для відновлення ефективного зрошення у Болгарії, починаючи з 1999 р., також відбу-

валися зміни в управлінні зрошенням. Саме тоді почали утворюватись асоціації водокористувачів для експлуатації внутрішньогосподарських зрошувальних систем. [6]. Дана реформа полягала у поступовій, протягом п'яти років, передачі у власність асоціацій водокористувачів внутрішньогосподарських зрошувальних мереж та обладнання. Протягом цього періоду асоціації водокористувачів одержували фінансову підтримку від держави на реконструкцію систем - до 80% коштів (за умови вкладення 20% власних коштів). Зараз Міністерство сільського господарства Болгарії здійснює нагляд за їх діяльністю та допомагає у роботі.

З початку 2000-х років численні міжнародні проекти надавали технічну і фінансову підтримку щодо питань консолідації у Болгарії (допомога Food Agricultural Organization, Світового банку, Голландських фондів розвитку) [6,7].

У 2006-2007 рр. реалізувався проект «Стратегія і програма консолідації земель для Болгарії». Головними його цілями були розробка національної стратегії консолідації земель та підтримка у підготовці програми. У січні 2007 р. ця стратегія була затверджена політично і передбачалися такі основні інструменти впливу:

- добровільна консолідація сільськогосподарських угідь;
- обов'язкова консолідація сільськогосподарських угідь;
- освоєння та розвиток земельних ділянок задля сприяння здійсненню великих інфраструктурних проектів [8].

Фінальним етапом був проект «Інтегрована консолідація земель», проведений у 2009-2010 рр. за рахунок голландського фінансування, який мав комплексний і всеосяжний підхід до поставлених питань. Перерозподіл земель мав величезний успіх, а середній розмір земельної ділянки збільшився на 100-300% і складав близько 1,9 га.

Закон про власність і використання земель сільськогосподарського призначення був змінений в 2007 р. і включав юридичне положення про консолідацію земель на добровільній основі. Відповідно до закону місцевий комітет створюється тоді, коли розпочинається новий проект із консолідації

земель. Це зазвичай робиться з ініціативи інвесторів або крупних фермерів, які просувають проект. Остаточний план дій представляється місцевим комітетом Міністерству для затвердження.

З 2008 р. було розпочато 20 проектів щодо консолідації земельних угідь на добровільній основі. Процедура добровільного об'єднання земель є достатньо швидкою і займає близько року. Існують позитивні приклади дрібних землевласників, які самостійно консолідували свої ділянки, розпорошені по території сільської ради.

У період з 2001 по кінець 2012 р. в цілому 32000 га було приватизовано шляхом продажу державних земель на конкурсній основі. Завдяки підтримці Голландії стратегія щодо консолідації земельних ресурсів стала основою для поточної діяльності, а пілотний проект 2009-2010 рр. став моделлю для постійних добровільних проектів, що розпочинають і фінансують інвестори та об'єднані господарства.

Беручи до уваги стан земельної реформи в Україні та умови водоземлекористування на зрошувальних системах, будь-який порядок організації проектів реконструкції чи будівництва зрошувальних систем неможливо реалізувати без планів консолідації земельних ресурсів, що можуть бути розроблені як за ініціативою самих водоземлекористувачів, так і запропоновані державними установами відповідно до визнаних пріоритетів відновлення зрошення у регіоні.

Висновки. Враховуючи міжнародний досвід, можна виділити такі основні моменти щодо консолідації водних і земельних ресурсів:

- активне залучення землевласників до процесу планування водоземлекористування;
- добровільний обмін земельними ділянками між власниками;
- створення місцевих організацій з вирішення питань водних і земельних ресурсів;
- створення асоціацій водокористувачів для спільної експлуатації меліоративних систем;
- запровадження комплексних заходів з управління водними ресурсами;
- проведення заходів з охорони навколишнього природного середовища.

Бібліографія

1. G. J. Roerink, O. I. Zovtonog, *Towards Sustainable Irrigated Agriculture in Crimea, Ukraine: a plan for the Future*. Altera, Wageningen, 2005. – 138 p.
2. Thomas, J. (2014): *Safeguarding real property rights and rational use by conflicting private and public interests – The German approach*. *Geodetski Vestnik* Vol. 58, No. 3/2014, p. 535.
3. Thomas, J. (2004): *Modern land consolidation – recent trends on land consolidation in Germany*. Paper from FIG symposium on modern land consolidation, Volvic, France p. 6.
4. Kopeva, D. et al. (2002): *Land fragmentation and land consolidation in the agricultural sector – A case study from Bulgaria*. *FAO*, p. 63-65.
5. Morten Hartvigsen. *Land tenure, working paper №26 (2014): experiences with land consolidation and land banking in central and eastern Europe after 1989*. *FAO*, p. 60-64.18.
6. Kasabov, M. (2005): *Land consolidation and territorial organization in Bulgaria*. Paper for *FAO regional land consolidation workshop in Prague*.
7. Georgieva, A. (2005): *Land consolidation models: The World Bank experience in Bulgaria*. Paper for *4CLI land consolidation workshop in Budapest*.
8. Stoyanov, K. (2006): *New approaches for land consolidation in Bulgaria*. Paper for *FAO regional land consolidation workshop in Prague*.
9. Коваленко П.І. На шляху до трансформації управління зрошенням в Україні/ П.І. Коваленко, О.І. Жовтоног // Вісник аграрної науки, № 3.- 2004.-с.5-11.
10. Роль асоціацій водокористувачів у сталому використанні зрошуваних земель/ О.І. Жовтоног, В.В. Поліщук, Т.Ф. Деменкова, І.А. Шостак // Водне господарство України, №1.- 2008.-С.17-25.

Е.И. Чёрная

Мировой опыт консолидации земель сельскохозяйственного назначения

В данной статье освещены наиболее распространенные и известные в мире методы консолидации земельных ресурсов. Опираясь на положительные практики мирового опыта, предложены основные моменты внедрения планов консолидации, которые могут быть использованы для дальнейшего развития Украины.

K.I. Chorna

World experience of land consolidation

The most common and known methods of land consolidation in the world have been highlighted in this article. Based on good practical international experience, the key aspects of plans implementation for consolidation are presented, which can be used for further developments in Ukraine.

УДК 631.6

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АГРОЛАНДШАФТІВ ТЕРИТОРІЇ МЕЖИРІЧЧЯ ЗАХІДНОГО БУГУ ТА ПРИП'ЯТІ

О.О. СИДОРЕНКО, канд. с.-г. наук,**О.В. ЦВЕТОВА**, канд. тех. наук,**О.В. ТУРАЄВА**

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Наведено результати оцінювання екологічного стану агроландшафтів території межиріччя Західного Бугу та Прип'яті з урахуванням існуючої системи еколого-меліоративного моніторингу. Відмічено необхідність контролю водотоків та водозапасів для уникнення негативних наслідків з боку можливого антропогенного втручання в підземну гідросферу регіону

Ключові слова: екологічний стан, гідрогеологічний режим, рівень ґрунтових вод, стабільність, агроландшафти

Постановка питання. Головною умовою покращення екологічного стану агроландшафтів та сталого розвитку сільського господарства свого часу було меліоративне будівництво. Але за тривалості експлуатації осушувальних систем, погіршення їх технічного стану у поєднанні із соціально-економічними трансформаціями гостро постало питання оцінки сучасного екологічного стану меліорованих агроландшафтів з метою їх раціонального використання, збереження та відтворення. При вирішенні цього питання необхідно детально дослідити напрямки змін у природних комплексах для їх інтегральної оцінки як на об'єктах осушення, так і на прилеглих до них територіях, що дозволить переглянути, оптимізувати та удосконалити існуючі методики, критерії, показники екологічного, а також меліоративного стану території.

Для уточнення оптимальних екологічних нормативів, що визначають екологічну збалансованість стану агроландшафтів, потрібні дані про допустимі величини, за якими оцінюють відхилення абсолютних значень показників якості у бік погіршення внаслідок несталості екологічних умов. Використання кількісних значень екологічних нормативів якості окремих компонентів агроландшафтів створює передумови для управління їхнім екологічним станом.

В умовах соціально-економічних змін у сільському господарстві оцінювання сучасного стану меліорованих агроландшафтів території межиріччя Західного Бугу та Прип'яті є достатньо важливим і актуальним.

Методика проведення досліджень. Оцінювання екологічного стану меліорованих агроландшафтів здійснювали шляхом визначення кількісних показників природних ком-

плексів та порівняння їх з гранично-допустимими значеннями.

Інформаційною базою для оцінювання екологічного стану агроландшафтів були дані моніторингових спостережень. При організації та веденні моніторингу дотримувалися системного та басейнового підходів.

Комплекс спостережень і досліджень включав вивчення режиму і хімічного складу підземних і поверхневих вод.

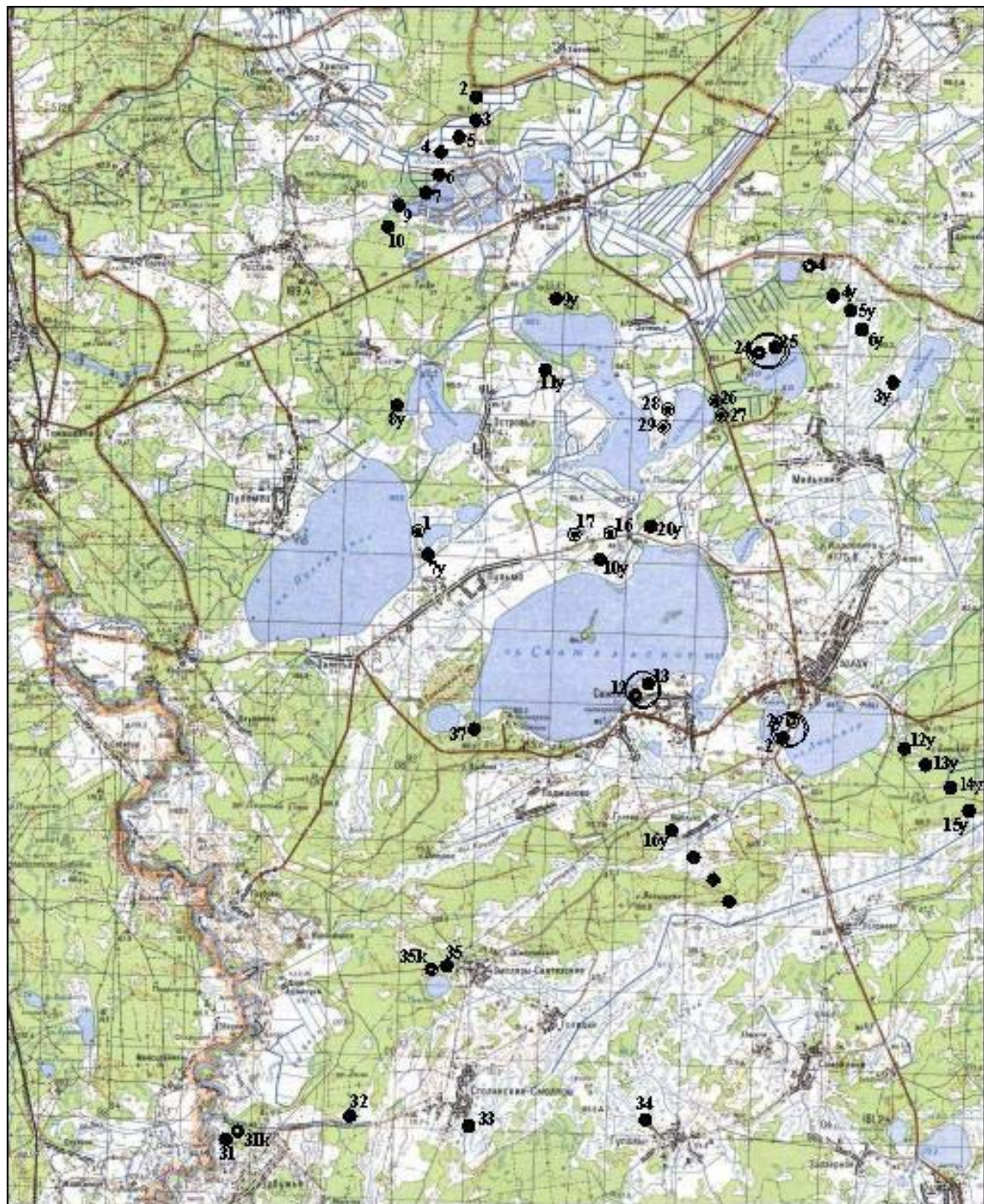
У процесі дослідження проведено рекогносцирувальне обстеження з метою удосконалення системи моніторингової мережі спостережень. Для цього існуючі пункти спостережень доповнені новими для створення мережі комплексних пунктів спостережень у сучасних умовах природокористування.

Результати досліджень. Складність геологічної будови і строкатість літологічного складу порід зумовили велике розмаїття умов формування підземних вод у різних стратиграфічних комплексах.

Четвертинні відклади повсюдно обводнені і вміщують перший від поверхні водоносний комплекс. Водовміщуючі породи перешаровуються моренними суглинками і утворюють ряд водоносних горизонтів складної конфігурації, які пов'язані між собою і дренируються системою річок.

У підстилаючих четвертинну товщу тріщинуватих мергельно-крейдових породах вміщуються напірні води, область живлення яких знаходиться у межах основних вододільних просторів Волино-Подільської височини. На території Волинської області розвантаження напірних вод відбувається в заплавах річок, болотних масивах, озерних западинах. Зазначені водоносні горизонти складають зону акти-

ного водообміну, беруть участь у живленні стоку з досліджуваної території.
водних об'єктів і формуванні поверхневого



- спостережні свердловини, пробурені у 1972 р.
- спостережні свердловини, пробурені у 1990 р.
на чвертинний водоносний горизонт
- ⊙ спостережні свердловини, пробурені у 1990 р.
на крейдяний водоносний горизонт
- ⊕ куцї свердловин, відновлені у 2003 р.

Рис. 1. Схема спостережної мережі території межиріччя Західного Бугу та Прип'яті

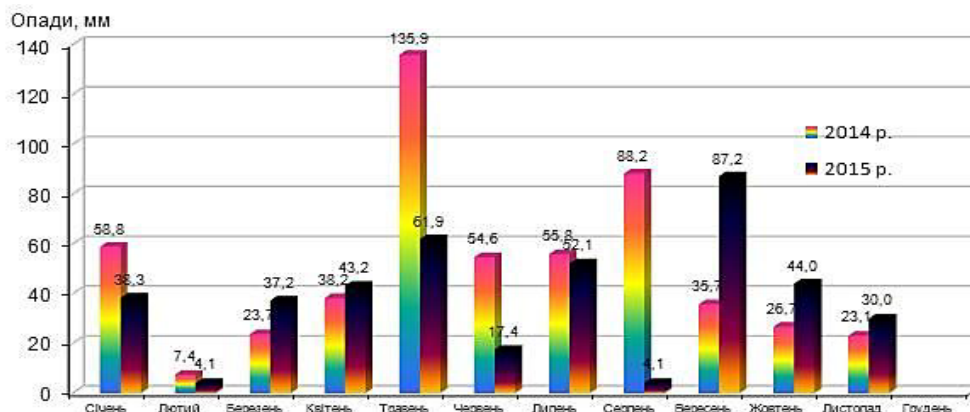


Рис. 2. Розподіл опадів за місяцями за період 2014-2015 рр. (по м/с Світязь)

Живлення ґрунтових вод здійснюється за рахунок атмосферних опадів і притоку напірних вод. Для даного району область живлення ґрунтових вод збігається з областю їхнього поширення. Розвантаження здійснюється частковим дренаванням мережею природних і штучних водотоків, витратами на поповнення озер, а також евапотранспірацією. Глибина залягання ґрунтових вод, залежно від рельєфу місцевості, знаходиться у межах 0,1-5,0 м [1, 2].

П'єзометричні рівні напірного водоносного горизонту верхньокрейдяних відкладів у межах досліджуваної території постійно або періодично перевищують вільну поверхню ґрунтових вод, що було підтверджено тривалими режимними спостереженнями. Це зумовлює особливості їхнього взаємозв'язку, формування водного балансу і гідрохімічного режиму.

Оцінювання гідрогеологічного режиму четвертинного водоносного горизонту досліджуваної території виконана по двох спостережних

полігонах: у межах заплав рр. Прип'ять та Західний Буг за 2014-2015 роки (рис. 1).

Кліматичні умови досліджуваного періоду характеризуються максимумом випадіння опадів у теплий період року (травень-вересень) (рис. 2).

Оцінювання гідрогеологічного режиму четвертинного водоносного горизонту. Заплава р. Прип'ять. Стан гідрогеологічного режиму вивчався по створу спостережних свердловин у межах осушувальної системи «Регулювання верхів'їв р. Прип'ять». За рівнем ґрунтових вод чітко простежується напрям потоку саме до магістрального каналу р. Прип'ять (рис. 3). Загалом, протягом року рівні ґрунтових вод залягають у межах проектних значень, коливання їх синхронні за всіма свердловинами, за виключенням свердловини 14у, за якою відбуваються більш динамічні коливання рівня, що вказує на проходження весняної повені в прирусловій частині заплави Прип'яті.

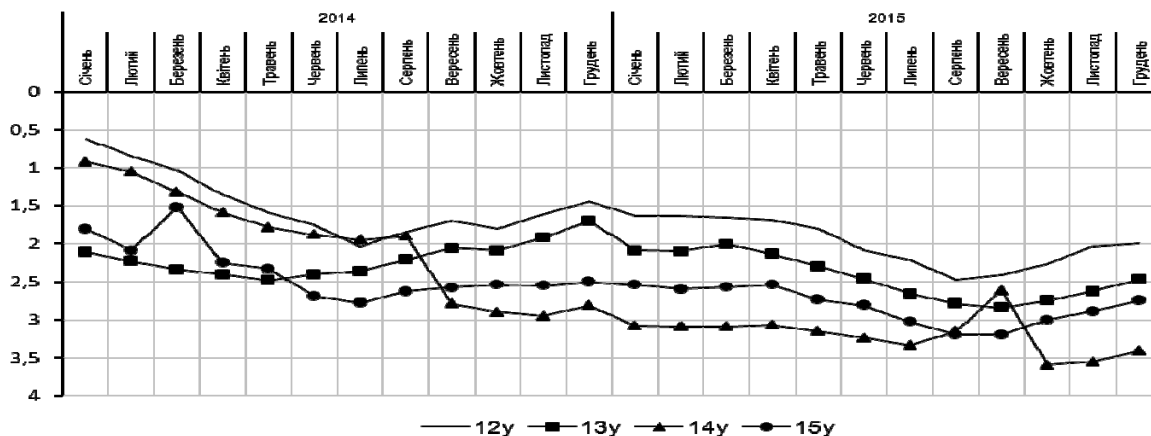


Рис. 3. Залягання рівнів ґрунтових вод у заплаві р. Прип'ять за свердловинами (2014-15 рр.)

Синхронність динаміки коливання рівня ґрунтових вод по досліджуваному полігону за аналогічні періоди 2014 та 2015 рр. вказує на стабільність функціонування гідрогеологічної складової геосистеми заплави Прип'яті (рис. 3).

Заплава р. Західний Буг. Стан гідрогеологічного режиму в заплаві р. Західний Буг вивчався по спостережних свердловинах 4у, 5у, 6у та 25, що розташовані у районі озер Пісо-

чне та Кримно у межах Копаївської осушувальної системи.

У межах даного дослідного полігону чітко простежується напрям потоку ґрунтових вод у північно-східному напрямку до кордону з Республікою Білорусь. Рівні залягання ґрунтових вод і їх середньорічний розподіл відповідають багаторічному розподілу та є синхронними по місяцях за різні роки спостережень (рис. 4).

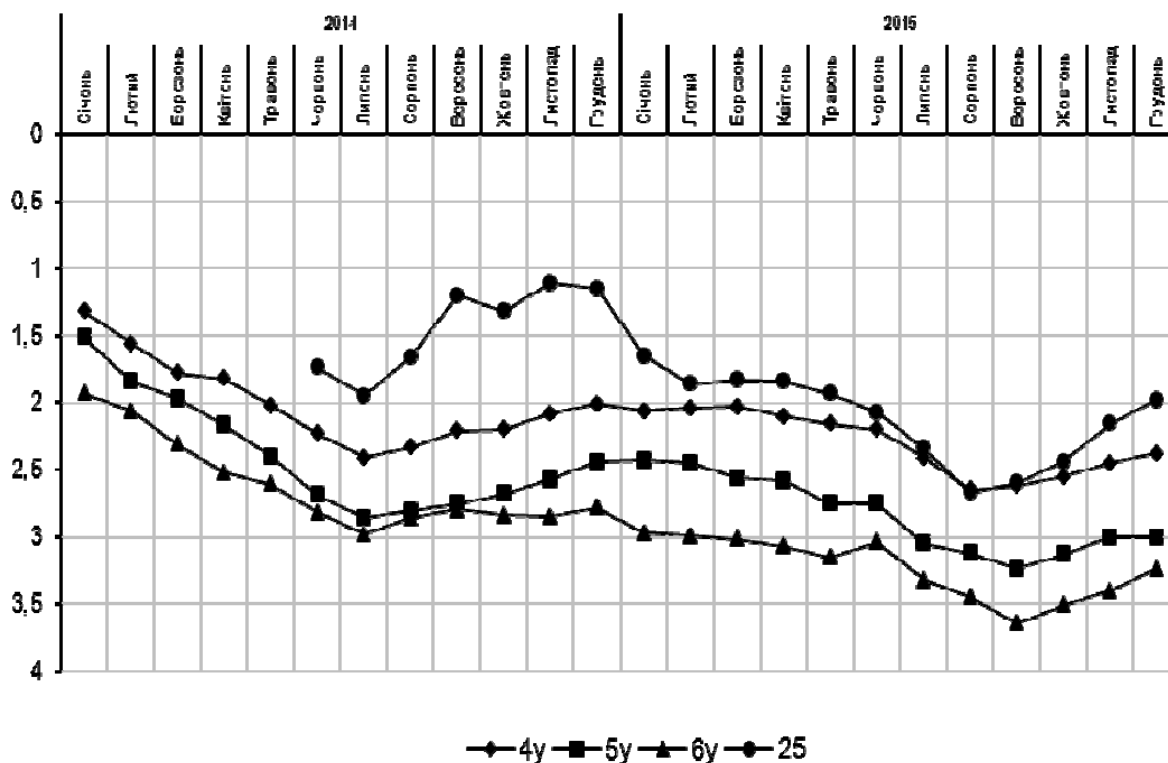


Рис. 4. Залягання рівнів ґрунтових вод у заплаві р. Західний Буг за свердловинами (2014-15 рр.)

Оцінювання гідрогеологічного режиму крейдяного водоносного горизонту проводилося за свердловинами 4н, 2у, 24 та 12, що розташовані по всій території межиріччя Західного Бугу і Прип'яті. Даний горизонт є основним джерелом живлення четвертинного водоносного горизонту та озерних комплексів. Він має тісний гідродинамічний зв'язок із ґрунтовими водами і тому рівні залягання підземних вод є неглибокими і практично відповідають рівню залягання ґрунтових вод четвертинного горизонту (0,4-2,3 м), а їх коливання є синхронними протягом року (рис. 5).

Особливістю гідрогеологічного режиму крейдяного водоносного горизонту є те, що зона його розвантаження повністю знахо-

диться на території Білорусі. Тому для запобігання можливих негативних наслідків з боку можливого антропогенного втручання у підземну гідросферу регіону потрібен контроль водотоків та водозапасів з української сторони.

Оцінювання гідрохімічного режиму підземних вод. Гідрохімічний режим підземних вод формується в областях їх живлення за рахунок кліматичних умов регіону, а міграція хімічних компонентів і сполук та їх накопичення вказує на прояв антропогенного втручання, що потребує чіткої системи контролю гідрохімічного стану.

Оцінювання гідрохімічного режиму підземних вод досліджуваного регіону викона- не за даними визначення хімічного складу

підземних вод четвертинного водоносного горизонту та його розподілу по території за

системою існуючих спостережних свердловин у 2015 р.

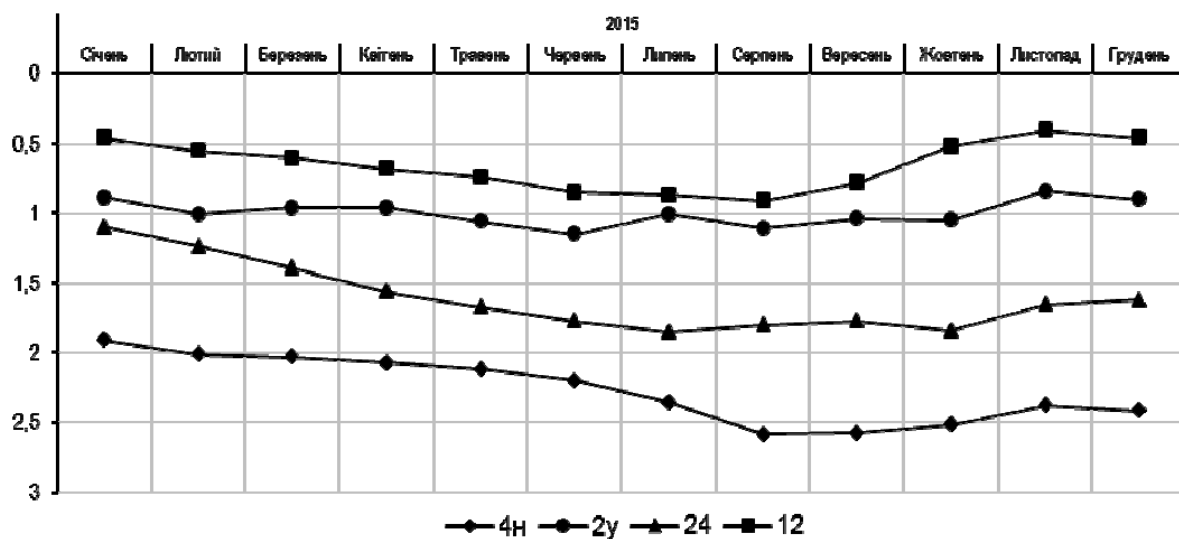


Рис. 5. Залягання рівнів підземних вод у крейдяного водоносного горизонту території межиріччя Прип'яті і Західного Бугу за свердловинами (2015 р.)

Встановлено, що територіально зміни як катіонного, так і аніонного складу ґрунтових вод є синхронними, а зміни їх концентрацій, значною мірою, залежать від водообміну в товщі четвертинних відкладів. Простежується чітка тенденція до підвищення концентрації хімічних речовин у наближенні до зон

розвантаження водоносних горизонтів (рис. 6-7). Виключення становить лише зміна хімічного складу води за свердловиною 13, яка знаходиться у зоні впливу рекреаційної діяльності, що значною мірою і визначає надходження хімічних речовин у ґрунтові води.

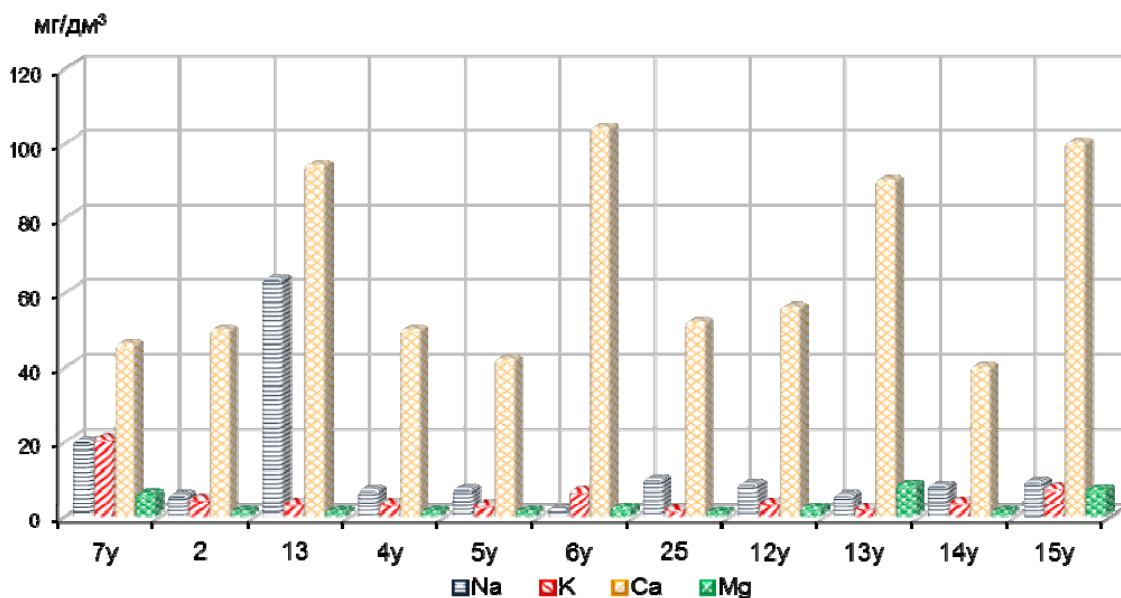


Рис. 6. Катіонний склад ґрунтових вод території межиріччя Західного Бугу і Прип'яті за свердловинами (2015 р.)

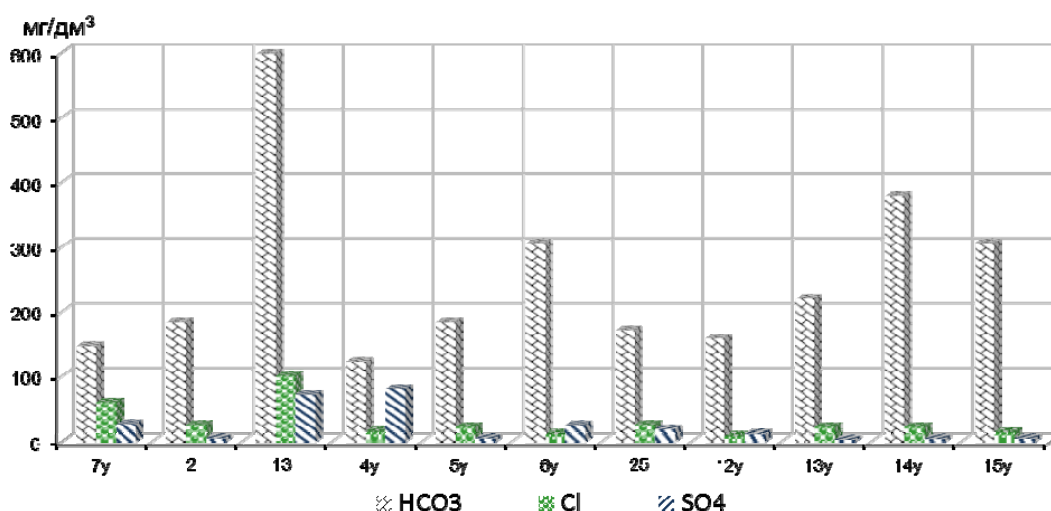


Рис. 7. Аніонний склад ґрунтових вод за свердловинами (межіріччя Західного Бугу і Прип'яті, 2015 р.)

Чітко простежується підвищення концентрацій аніонів та катіонів у двох напрямках: від дослідного полігону вододілу річок Прип'ять і Західний Буг до заплави річок Західний Буг та Прип'ять.

Таким чином, міграція хімічних елементів та сполук напряму залежить від водотоку у товщі четвертинних відкладів.

Оцінювання екологічної стійкості. Стан підземної гідросфери району, що є визначальним ландшафтоутворюючим чинником даної території, визначає необхідність проведення оцінки екологічної стійкості ландшафтів для подальшого їх ефективного невиснажливого використання і охорони.

За значеннями вирахованих коефіцієнтів екологічної стійкості ландшафтів ($КЕСЛ_1 = 6,6$ і $КЕСЛ_2 = 0,82$) територія стабільна в екологічному відношенні, з яскраво вираженою стабільністю [3].

За даними розрахунків коефіцієнтів абсолютної антропогенної напруженості ($K_1 = 14,3$) територія має низький її рівень; відносної антропогенної напруженості ($K_2 = 5,9$) – вона незбалансована за антропогенним навантаженням. За коефіцієнтом сільськогосподарського використання ($K_c = 0,3$) територія належить до середнього ступеня. На фоні загального сприятливого екологічного стану території відмічається незбалансованість ландшафтів за антропогенним навантаженням, що пояснюється нерівномірністю його розподілу по території, адже переважну частину площі (74,1% в сумі) займають землі держлісфонду і водного фонду. Регулюван-

ня цього показника навряд чи доцільне і можливе. Зміни в цьому відношенні можуть відбуватися переважно за рахунок рекреаційного навантаження, а також змін у структурі використання сільськогосподарських земель, які складають 21%, або ренатуралізації земель меліоративного фонду [4].

У цілому, аналіз екологічного стану провідних ландшафтів території досліджень вказує на їх загальну стійкість при низькому рівні антропогенної напруженості. При цьому, меліоровані ландшафти потребують певних заходів і значних витрат для забезпечення їхньої екологічної стійкості.

Висновки. Синхронність динаміки коливання рівня ґрунтових вод по досліджуваному полігону за аналогічні періоди 2014 та 2015 рр. вказує на стабільність функціонування гідрогеологічної складової геосистеми заплави Прип'яті. Рівні залягання ґрунтових вод та їх середньорічний розподіл у заплаві р. Західний Буг відповідають багаторічному розподілу і є синхронними по місяцях за різні роки спостережень.

Встановлено підвищення концентрацій аніонів та катіонів у двох напрямках: від дослідного полігону вододілу річок Прип'ять і Західний Буг до заплави річок Західний Буг та Прип'ять. Міграція сполук та хімічних елементів напряму залежить від водопотоку у товщі четвертинних відкладів.

Багаторічний аналіз екологічного стану провідних ландшафтів території досліджень вказує на їх загальну стійкість при низькому рівні антропогенної напруженості.

Бібліографія

1. Цветова Е.В. Опыт ведения локального мониторинга природной среды в Западном Полесье при решении экологических задач /Е.В. Цветова, Г.П. Рябцева, О.В. Тураева //Тезисы докладов IV межд. конф. «Природная среда Полесья: Особенности и перспективы развития». –Брест, 2008. – 10 с.
2. Цветова Е.В., Федотов М.Н. Интегрированное управление мелиорированными агроландшафтами на основе эколого-мелиоративного мониторинга /Е.В. Цветова, М.Н. Федотов //Матер. межд. науч.-практ. конф. «Повышение эффективности мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель». –Минск, 2009.
3. Методика оцінки і нормування антропогенного навантаження на меліоровані агроландшафти /[О.В. Цветова, Т.О. Ясенчук, О.О. Сидоренко [та ін.]. –К.: Аграрна наука, 2015. – 80 с.
4. Методичні рекомендації з оцінки стану меліорованих агроландшафтів в зоні осушення за сучасних умов землекористування /[О.О. Сидоренко, О.В. Цветова, С.С. Коломісць [та ін.]. – К.: 2015. – 40 с.

Е.А. Сидоренко, Е.В. Цветова, О.В. Тураева
Экологическое состояние агроландшафтов территории
междуречья Западного Буга и Припяти

Приведены результаты оценки экологического состояния агроландшафтов территории междуречья Западного Буга и Припяти с учетом существующей системы эколого-мелиоративного мониторинга. Отмечена необходимость контроля водопотока и водозапасов для предотвращения негативных последствий со стороны возможного антропогенного вмешательства в подземную гидросферу регион.

Е.О. Sidorenko, E.V. Tsvyetova, O.V. Turaieva
Ecological status of the territory of agricultural landscapes
between the Western Bug and Pripyat Rivers

The results of the evaluation of the ecological status of the territory of agricultural landscapes between the rivers Western Bug and Pripyat are given in view the existing ecological-reclamation monitoring system. It is highlighted the need to control water flow and water supplies to prevent negative consequences from the possible anthropogenic impact on the underground hydrosphere of the region.

УДК 631.6:631.63

ЕКОЛОГІЧНИЙ АУДИТ МЕЛІОРОВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

О.О. СИДОРЕНКО канд. с.-г. наук,**К.В. ПОЛІЩУК**, канд. с.-г. наук,**О.М. НЕЧАЙ**, канд. с.-г. наук,

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Проведено аналіз проблеми екологічного аудиту меліорованих агроландшафтів з метою стабілізації їх екологічного стану та безпечного користування в умовах трансформації земельних відносин і раціонального землекористування.

Ключові слова: екологічний аудит, меліоровані агроландшафти, прогнозування, моделювання, еколого-меліоративний стан, осушувані землі.

Актуальність проблеми. Екологічний аудит – документально оформлений системний незалежний процес оцінювання об'єкта, що включає збирання і об'єктивне оцінювання доказів для встановлення відповідності визначених видів діяльності, заходів, умов, системи екологічного управління та інформації з цих питань вимогам законодавства України про охорону навколишнього природного середовища [1].

Методологічним аспектам забезпечення екологічного аудиту агроландшафтів в сучасних умовах трансформації земельних відносин присвячені роботи таких науковців: В.В. Рибак, П.М. Скрипчук, В. В. Маліков, В.Я. Шевчук, А.М. Шевченко, К.Б. Ковальчук та інші [2-9]. Однак, проблеми екологічного аудиту використання меліорованих агроландшафтів з метою стабілізації їх екологічного стану та безпечного функціонування в умовах трансформації земельних відносин і раціонального землекористування ще недостатньо досліджені. В Україні й досі не розроблена методологія ведення екологічного аудиту меліорованих агроландшафтів, яку необхідно впроваджувати в контексті положень еколого-меліоративного моніторингу, агрохімічної паспортизації земель щодо дотримання екологічної безпеки агроєкосистем, стану меліоративних систем, оцінки якості і вартості земельних ресурсів. Такий науковий напрям набуває особливої ваги у зв'язку з тенденцією до впровадження положень про ринок земель сільськогосподарського призначення.

Метою екологічного аудиту є розробка рекомендацій з ефективного використання ресурсів і забезпечення якості навколишнього середовища.

Результати досліджень. З огляду на сучасний стан господарського використання природно-ресурсного потенціалу регіонів основним методологічним підходом до створення еколого-збалансованої моделі природокористування має стати комплексна оцінка екологічного стану меліорованих агроландшафтів.

Етапами комплексної оцінки є:

1. Екологічний аудит меліорованих агроландшафтів, що включає:

- інвентаризацію меліорованих агроландшафтів;
- паспортизацію осушувальних систем;
- антропогенне навантаження;
- оцінку екологічного стану меліорованих агроландшафтів в сучасних умовах.

2. Прогнозування та моделювання процесів трансформації меліорованих агроландшафтів.

Усі ці етапи дозволять комплексно вирішувати сучасні екологічні проблеми меліорованих агроландшафтів та їх ефективного господарського використання.

За дослідженнями Рибак В.В. для аудиту слід використовувати: картографічну інформацію, дані моніторингу, відомості про кліматичні умови, дані про ступінь перетвореності ландшафтів, ґрунти, водні ресурси, біоресурси.

Для вивчення динаміки екологічних наслідків осушувальних меліорацій в контексті сталого розвитку необхідно дати оцінку екологічного стану меліорованих агроландшафтів в сучасних умовах, визначити стійкість усіх видів ландшафтів та їх компонентів до антропогенних змін, характер, масштаби та

швидкість поширення деградаційних процесів у ґрунті.

З початком експлуатації меліоративної системи її технічні компоненти вступають у складний взаємозв'язок із складовими природного комплексу, у результаті цього створюється і функціонує цілісна природно-технічна система, в якій пов'язані природні і технічні компоненти [6].

Для екологічного аудиту використовують інформацію про показники еколого-меліоративного стану осушуваних земель, а саме: режим підземних і поверхневих вод, повітряно-водний режим ґрунтів, потужність гумусного шару ґрунту, спрацювання торфовищ, метеорологічні умови, технічний стан осушувальної системи, використання осушуваних земель та врожайність основних сільськогосподарських культур.

Створення і підтримання сприятливого меліоративного стану на осушуваних землях, забезпечення нормального рівня експлуатації осушувальних систем та раціонального господарського використання осушуваних земель, а також мінімізація або локалізація негативних екологічних процесів можуть бути забезпечені шляхом проведення екологічного аудиту меліорованих земель.

Основними завданнями екологічного аудиту є: збір достовірної інформації про екологічні аспекти виробничої діяльності об'єкта екологічного аудиту та формування на її основі висновку екологічного аудиту; встановлення відповідності об'єктів екологічного аудиту вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища та іншим критеріям екологічного аудиту; оцінка впливу діяльності об'єкта екологічного аудиту на стан навколишнього природного середовища; оцінка ефективності, повноти і обґрунтованості заходів, що вживаються для охорони навколишнього природного середовища на об'єкті екологічного аудиту [1].

Екологічний аудит передбачає аналіз впливу екологічно небезпечної діяльності на стан природного середовища і здоров'я населення; еколого-економічний прогноз наслідків господарської діяльності (вартісна оцінка); екологічне обґрунтування впровадження винаходів, ресурсозберігаючих технологій і систем, приладів контролю тощо; еколого-економічну оцінку здійснюваних інвестицій-

них проектів; еколого-економічну оцінку ризику адміністративних рішень [5].

Екологічний аудит меліорованих агроландшафтів включає 3 етапи: інвентаризацію, паспортизацію та оцінку агроландшафтів.

Методика інвентаризації меліорованих агроландшафтів і паспортизації осушувальних систем полягає в інвентаризації всіх без винятку меліорованих земель і паспортизації всіх осушувальних систем. Першочерговий інвентаризації і паспортизації повинні підлягати об'єкти (меліоровані агроландшафти та осушувальні системи) з існуючим несприятливим меліоративним станом протягом останніх п'яти років спостережень.

Головною метою *інвентаризації* меліорованих агроландшафтів є виявлення причин і чинників, що впливають на несприятливий еколого-меліоративний стан меліорованих земель та знижують врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур, з подальшою розробкою та здійсненням конкретних заходів щодо мінімізації негативних процесів (або повної їх ліквідації) та підвищенням ефективності сільськогосподарського використання осушуваних земель. Інвентаризація меліорованих агроландшафтів може здійснюватись як за адміністративним принципом (оскільки державне управління у галузі водного господарства здійснюється за адміністративним поділом), так і за басейновим підходом.

Черговість проведення інвентаризації меліорованих районів визначають за відсотковим відношенням земель з несприятливим меліоративним станом до загальної площі меліорованих агроландшафтів в межах району. За цим самим принципом у межах району визначають черговість інвентаризації осушувальних систем. У випадку, коли у межах району (території) немає осушувальних систем з несприятливим меліоративним станом, або у межах осушувальної системи немає земель з несприятливим меліоративним станом, ці об'єкти не підлягають інвентаризації.

Інвентаризація меліорованих агроландшафтів, відповідно до потреб, може здійснюватись: за адміністративним підходом по районах чи інших адміністративних утвореннях; за басейновим підходом по басейнах водозборів та локально, відповідно до кризових екологічних ситуацій і у її формі відображують такі показники:

— загальна площа осушуваних земель і, в

- тому числі, сільськогосподарських угідь;
- види сільськогосподарських культур (площа, яку займає окрема культура);
- площа осушуваних земель, які не використовуються в сільськогосподарському виробництві;
- технічний стан міжгосподарської мережі (довжина мережі, задовільний, незадовільний);
- технічний стан внутрішньогосподарської мережі (довжина мережі, задовільний, незадовільний);
- висновки (зазначаються причини невикористання осушуваних земель та незадовільного стану міжгосподарської і внутрішньогосподарської мережі).

Наступним етапом екологічного аудиту меліорованих агроландшафтів є *паспортизація* меліоративних систем – систематизоване зведення конструктивних, техніко-економічних та інших показників меліоративних систем за станом на певний період часу в спеціальних документах – паспортах меліоративних систем і технічних паспортах споруд. Паспортизації підлягають всі осушувальні системи, водосховища, ставки, насосні станції, регулятори, мости тощо.

Для кожної осушувальної системи одержують вірогідні дані про головні показники:

- магістральні та інші провідні канали;
- огорожувальні (нагірні, ловильні) канали, захисні вали (гаті) відкритої регулюючої мережі;
- споруди на водоприймачах і на відкритій осушувальній мережі;
- закриту осушувальну мережу і споруди на ній;
- насосні станції (обладнання) для перекачування води;
- водомірні пристрої для виміру витрат води та спостереження за рівневим режимом ґрунтових вод.

До головних технічних показників належать: загальна площа меліорованих земель; площа земель, осушуваних закритим дренажем (гончарним, пластмасовим); площі земель з двобічним регулюванням; площі зе-

мель з механічним водопідйомом; площі земель з кротовим дренажем; площі земель із застосуванням агроеліоративних заходів (кротування, глибоке розпушування); довжина відрегульованих водоприймачів; довжина відкритих каналів (магістральні та інших порядків); довжина закритої осушувальної мережі; довжина захисних валів (гатей); довжина експлуатаційних шляхів; кількість гідроспоруд на водоприймачах і відкритій осушувальній мережі (в тому числі мостів, трубопереїздів, тощо); кількість споруд на закритій осушувальній мережі (в т.ч. дренажних колодязів), насосних станцій, гідрометричного обладнання (водомірних постів, створів і колодязів для спостережень за РГВ); балансова вартість осушувальної системи; експлуатаційні витрати всього за рік (в тому числі на капремонт).

Дані паспортизації складають за станом на березень кожного календарного року.

Завершальним етапом екологічного аудиту меліорованих агроландшафтів є *оцінка екологічного стану меліорованих агроландшафтів* та екологічної надійності осушувальних систем. Її здійснюють шляхом порівняння показників на період вишукування (до проведення осушувальних меліорацій) з такими ж на період проведення екологічного аудиту (або фонових показників з критичними).

Оцінку впливу осушення на прилеглі ландшафти здійснюють шляхом порівняння на типових системах з нормативним показником для даного типу ґрунтів, конструктивних особливостей осушувальної мережі тощо. Оцінювання екологічної надійності осушувальних систем відбувається за типовими системами еколого-меліоративного моніторингу по кожній адміністративній одиниці чи водозбору.

Висновок. Проведення екологічного аудиту на меліорованих агроландшафтах дасть можливість розробити заходи щодо покращення екологічної ситуації, визначити непридатні для сільськогосподарського використання землі та врегулювати питання земельних відносин у ринкових умовах.

Бібліографія

1. Закон України «Про екологічний аудит» від 24.06.2004 №1862-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1862-15>
2. Екологічне управління // За ред. Шевчука В.Я., Саталкіна Ю.М., Білявського Г.О. та ін. – К.: Либідь, 2004. – 432с.

3. Семенов В.Ф. *Екологічний менеджмент: Навчальний посібник.* / В.Ф. Семенов, О.Л. Михайлик, Т.П. Галушкіна – К.: Центр навчальної літератури. - 2004. – 516 с.
4. Карелов А.М. *Методические и нормативно-аналитические основы экологического аудирования в Российской Федерации (Учебное пособие по экологическому аудированию, ч. 1)* / А.М. Карелов, Г.А. Беллер, И.М. Потравный. Научно-исследовательский центр по проблемам экологической безопасности (НИЦ «Экобезопасность») – М.: - 1998.
5. Рибак В.В. *Екологічний аудит антропогенного впливу на земельні ресурси* /В.В.Рибак //Вісник НУВГП: зб. наук. пр. Нац. ун-ту водного госп. та природокор. Серія: Сільськогосподарські науки. – Рівне: НУВГП. - 2006. –Вип. 4 (36). – Ч. 1. – С. 15-22.
6. Скрипчук П.М. *Екологічний аудит меліорованих земель* / П.М. Скрипчук, В.В. Рибак // Меліорація і водне господарство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – 2006, Випуск 93-94, К.: Аграрна наука. – С. 283-288.
7. Скрипчук П.М. *Экологический аудит как инструмент обеспечения экологической безопасности осушаемых сельскохозяйственных земель* /П.М.Скрипчук, Г.М. Шевчук, В.В. Рыбак //Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства» Часть V «Экономика сельского и водного хозяйства». М.: – 2010. – С. 130-138.
8. Маліков В.В. *Екологічний аудит: аналіз проблематики в наукових дослідженнях* / В.В. Маліков // Бізнесінформ №5. Х.: – 2015 - С.161-164.
9. Шевченко А.М. *Основні принципи організації системи екологічного аудиту зрошення* / А.М. Шевченко, К.Б. Ковальчук // Меліорація і водне господарство, Випуск 92. Київ – 2005 – С.3-11.

Е.О. Сидоренко, Е.В. Полищук, О.Н. Нечай

Экологический аудит мелиорированных агроландшафтов в современных условиях

Проведен анализ проблемы экологического аудита мелиорированных агроландшафтов с целью стабилизации их экологического состояния и безопасного использования в условиях трансформации земельных отношений и рационального землепользования.

E.O. Sydorenko, E.V. Polischuk, O.N. Nechay

Environmental audit of reclaimed agricultural landscapes under modern conditions

The analysis of the problem of the environmental audit of reclaimed agricultural landscapes is given for the stabilization of their ecological condition and safe use in terms of the transformation of land relations and efficient land management.

УДК 691.5:699.8

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ БЕТОНУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ВОДОГОСПОДАРСЬКО- МЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ

О.В. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук
Інститут водних проблем і меліорації НААН

Проаналізовано сучасний ринок ремонтних сухих будівельних сумішей провідних світових виробників, області їх застосування, технологічні та фізико-механічні властивості ремонтних композитів на їх основі. Наведено рецептуру нової ремонтної суміші «Ремокрет-ІВПіМ» та результати досліджень її властивостей як матеріалу для ремонту та відновлення бетону гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.

Ключові слова: бетон, сухі будівельні суміші, відновлення, ремонт, гідротехнічні споруди, водогосподарсько-меліоративний комплекс

Постановка проблеми. Результати натурних досліджень показують, що після довготривалої експлуатації в результаті руйнування бетону значна частина гідротехнічних споруд (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) України перебуває в обмежено працездатному стані, а деякі повністю вичерпали свій експлуатаційний ресурс. Ремонт та реконструкція ГТС ВМК – одна із найбільш актуальних проблем останніх років, без вирішення якої неможливе відновлення та ефективне використання наявного потенціалу водогосподарської галузі. За даними Держводагентства України щорічно потребують ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) 12-15 тис. споруд.

Особливістю проведення ремонтних робіт на ГТС є їх сезонність та обмеження термінів ремонту. Ремонт ГТС та їх конструктивних елементів, як правило, необхідно виконувати у стислі терміни, в складних умовах з використанням матеріалів високої якості та широким діапазоном властивостей: швидкоотвердуючих, які здатні миттєво зупинити активні протікання води; високоміцних для відновлення несучої здатності конструкцій; еластомерних з високою деформативною здатністю та адгезійною міцністю.

Одним із актуальних питань у практиці РВР ВМК, є структурний ремонт залізобетонних конструкцій, направлений на відновлення захисного шару бетону, геометрії конструкції та її несучої здатності. Традиційні бетони та розчини, які застосовують для ремонту ГТС ВМК, мають ряд недоліків: низькі показники зносо- та кавітаційної стійкості, недостатню морозостійкість, невисоку тріщиностійкість, підвищену

усадку. Разом з тим, сучасні технології РВР бетонних та залізобетонних конструкцій базуються на використанні спеціальних ремонтних сухих будівельних сумішей (СБС), застосування яких має низку переваг перед традиційними матеріалами:

- склад СБС, до якого у різних співвідношеннях входять функціональні добавки, забезпечує високий рівень технологічних та експлуатаційних властивостей, недосяжний для традиційних розчинів і бетонів;
- стабільність показників СБС та розчинів на їх основі за рахунок точного дозування та якісного змішування компонентів;
- можливість задати особливі вимоги до матеріалу для специфічних умов експлуатації, наприклад швидка ліквідація течії, відновлення несучої здатності конструкції, підвищення водонепроникності та морозостійкості;
- мінімум технологічних операцій для переведення СБС в робочу ремонтну суміш (тільки змішування з водою) та зниження енергетичних витрат на приготування ремонтної суміші.

Мета досліджень – провести аналіз сучасного ринку ремонтних сухих будівельних сумішей провідних виробників, областей їх застосування, технологічних та фізико-механічних властивостей ремонтних композитів на їх основі; розробити рецептуру та дослідити властивості нової ремонтної суміші «Ремокрет-ІВПіМ» як матеріалу для ремонту та відновлення бетону ГТС ВМК.

Вивчення світового досвіду. Аналіз ринку будівельних матеріалів показує, що в останні роки з'явився достатньо широкий асортимент ремонтних СБС та розробляють-

ся технології їх застосування в РВР. Більшість таких технологій базується на застосуванні СБС, які становлять собою цементно-піщані суміші, модифіковані полімерами (полімерцементні), мінеральними та хімічними добавками. Основними виробниками ремонтних сумішей, які присутні на ринку країн СНД, є іноземні компанії - BASF, SİKA, MAPEI. Ряд російських компаній, таких як СПЕЦРЕМСМЕСЬ, КОНСОЛИТ, БАРС, АЛИТ, ДОКТОР БЕТОН також розробили і освоїли промисловий випуск спеціалізованих ремонтних матеріалів.

Провідними українськими виробниками СБС для ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій є ХЕНКЕЛЬ БАУТЕХНІК УКРАЇНА, ВІА-ТЕЛОС, ГІДРОЗІТ, ПОЛІРЕМ, ТЕПЛОВЕР, СІЛТЕК, які випускають ремонтні суміші марок «Ceresit», «Віатрон», «Гідрозіт», «Полірем СГі», «Тепловер», «Siltek». Для ремонту будь-яких типів бетонних і залізобетонних конструкцій провідні виробники ремонтних СБС, як правило, випускають серію матеріалів, які забезпечують проведення РВР на спорудах, що одержали пошкодження різних типів та ма-

сштабів. Кожен виробник СБС розробляє технологічні карти по застосуванню своїх матеріалів, які включають опис процесу підготовки поверхні до ремонту, приготування та поетапного нанесення сумішей на поверхню. Як правило, кожна система матеріалів включає матеріали для екстреної ліквідації протікань води, праймер, матеріали для першого шару, для зароблення вибоїн та каверн (відновлення геометрії конструкції), матеріали для нанесення основного гідроізоляційного шару та фінішного захисного покриття.

Аналіз літературних джерел показує, що СБС знаходять застосування при ремонті автомобільних доріг [1-4], покриттів аеродромів [5,6], мостових конструкцій [7-9], на заводах збірного домобудівництва та монолітного будівництва [10], гідротехнічних споруд [11,12]. У табл. 1 наведено деякі марки СБС для ремонту та захисту бетону. Лідером з виробництва та використання матеріалів для ремонту бетону різних споруд, у тому числі і ГТС, є концерн BASF Construction Chemicals, який випускає матеріали серії «Емасо» в РФ, Німеччині, Італії, Бельгії та Туреччині.

1. Ремонтні СБС провідних виробників

Найменування виробника	Назва СБС
MAPEI (Італія)	Mapegroут T40, Mapegroут Thixotropic, Mapegroут MF, Mapegroут 430, Mapegroут Rapido, Lampocem, Mapegroут Hi-Flow, Mapegroут Hi-Flow 10, Mapegroут SV, Mapegroут SV Fiber + Fibre R38
ПЕНЕТРОН (Росія)	Пенетрон, Пенеткрит, Пенеплаг/Ватерплаг, Пенетрон Адмікс, Пенепбар, Пенепбанд
BASF (Німеччина)	Emaco NanoCrete R4 Fluid, Emaco S150 CFR, Emaco S66, Emaco S88, Emaco SFR, MACFLOW, Emaco S88 C, Emaco NanoCrete R3, Emaco NanoCrete R4, Emaco NanoCreteS170 CFR
SİKA (Швейцарія)	Sika Icoment 520, Sika Icoment 525, Sika 101HD, Sikacem Gunit 133, Sikadur 45 EpoCem, Sikadur SM 1, SikaFerroGard 903, Sikagard 720 EpoCem, SikaMonoTop 601,602,610,612,614,620,652, SikaMur, Sika Finish, Sika Repair 10,13,20,30, SikaTop 106 ElastoCem, SikaTop Armatec 110 EpoCem, SikaTop Seal 207
ХЕНКЕЛЬ БАУТЕХНІК (Україна)	Ceresit CD 22, Ceresit CD24, Ceresit CD25, Ceresit CD30
ISOMAT(Греція)	Durocret, Rapicret, Megacret-10, Megacret - 40
СІЛТЕК (Україна)	Siltek R-5, Siltek R-30, Siltek R-100, Siltek C-70
НПО «СТРИМ» (Росія)	Стримсмісь, Інфільтрон-100, Стримплаг, Стримфлекс, Ремстрим 10,10Б,50,100,10М,50М,100М, Ремстрим-Т,ТБ
ДОКТОР БЕТОН (Росія)	Доктор бетон - D222, E131, C212, C112, C113, A111, B122, F112
АЛИТ (Росія)	Алит СДР-У, СДР-УМ, СДР-УР, Алит СБН-1, СБН-1м, СБН-1сбт
ГК «ПАРАД» (Білорусь)	РС 36, РС 541,542,543,544,545, РС 33,34,35, РС 1,2,3,4

Для ремонту покриттів автодоріг рекомендується застосовувати СБС марок РМ-26Ф, «НПО Прогресстех» та «Емасо» [4]. Фізико-механічні

характеристики ремонтних композитів на основі вказаних СБС відповідно такі: міцність на стиск – 46,1...60,0 МПа, міцність на розтяг при згині –

6,0...8,5 МПа. Ремонт покриттів аеродромів рекомендується виконувати із застосуванням СБС марок «Emaco S66», «Emaco S88C», «Emaco SFR» [5]. Ремонтні композити на основі вказаних СБС мають такі показники: міцність на стиск через 1 добу – не менше 28-30 МПа, через 28 діб – не менше 60 МПа; міцність на розтяг при згині через 1 добу – не менше 4 МПа, через 28 діб – не менше 8 МПа; міцність зчеплення з бетоном (адгезія) через 28 діб – не менше 2,5 МПа; коефіцієнт сульфатостійкості – не менше 0,9; водонепроникність – не менше 12 атм.; морозостійкість – не менше 300 циклів.

Для ремонту мостів рекомендується застосовувати різні СБС: монтажні, конструкційні, гідроізоляційні та захисні марки «Аліт» [7]. Найбільший об'єм конструкційних СБС в мостобудуванні припадає на суміші для підводного бетонування. Ремонтні композити для застосування при будівництві та експлуатації мостів повинні мати міцність на стиск 35...50 МПа, водонепроникність не менше W8, морозостійкість F300, міцність зчеплення зі старим бетоном 1,5...2,0 МПа. В ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» РФ (ОАО ЦНИИС «НИЦ Мосты») розроблені СБС марок МБР 300/400/500/600/700 для ремонту залізобетонних конструкцій мостів (цифра – марка міцності на стиск) [8,9]. СБС марки МБР класифікують як дрібнозернистий бетон класу R4 для конструкційного ремонту згідно Європейського стандарту EN 1504.

Для усунення дефектів і пошкоджень залізобетонних виробів і конструкцій в збірному та монолітному домобудівництві рекомендується застосовувати СБС марок «Emaco 90», «Emaco Nanocrete R2» (для неконструкційного ремонту) та «Emaco S88», «Emaco Nanocrete R3», «Emaco S66», «Emaco Fast Colabile», «Emaco T545» (для конструкційного ремонту) [10].

ООО «БАСФ Строительные системы» РФ виробляє СБС марок «Emaco». Серія матеріалів «Emaco Fast» представлена тіксотропним складом «Emaco Fast Тіхо» та наливними складами «Emaco Fast Fluid» і «Emaco Fast Fibre», які рекомендовані для ремонту гідротехнічних споруд [11]. Указані СБС можна застосовувати при температурі від -10°C до 30°C. Ремонтні композити на їх основі мають міцність на стиск 60...80,0 МПа, міцність на розтяг при згині до 19 МПа. Для ремонту бетону ГТС рекомендуються також СБС серії МБР, які утворюють ремонтні компо-

зити, що характеризуються маркою по морозостійкості F400, водонепроникності W10...W20 та адгезією до бетону 1,7 МПа. [12].

Технологічні та фізико-механічні характеристики деяких СБС наведено в табл.2. Як видно із даних цієї таблиці рухомість наведених ремонтних сумішей коливається в межах 130...180 мм, міцність на стиск – 30...60 МПа, міцність на згин – 4,5...9,0 МПа, водонепроникність – W12...W20, морозостійкість – 250...300 циклів, життєздатність – 30...60 хв.

Результати досліджень. В ІВПіМ НААН розроблено полімерцементну СБС «Ремокрет - ІВПіМ» для ремонту, відновлення та захисту бетону ГТС, яка становить собою суміш портландцементу, піску та модифікуючих добавок: редиспергуючого полімерного порошку, порошкового полікарбоксилатного суперпластифікатора, мікрокремнезему та поліпропіленової фібри [13,14]. Виконано комплекс досліджень для оцінки технічних властивостей матеріалу «Ремокрет - ІВПіМ» та визначено області його застосування. Результати проведених досліджень показали, що за своїми фізико-механічними показниками розроблена ремонтна суміш не поступається кращим світовим зразкам, а вартість її в 2,5 рази менша за зарубіжні аналоги.

Високе відношення міцності на розтяг при згині до міцності на стиск засвідчує тріщиностійкість ремонтних композитів «Ремокрет - ІВПіМ». Висока адгезійна міцність композиту дозволяє отримувати надійне зчеплення ремонтного шару до бетону конструкції, що ремонтується, при міцності останнього 30-50 МПа.

Технологічні характеристики робочої розчинової суміші «Ремокрет - ІВПіМ»:

- життєздатність, хв 30 – 40;
- рухомість, мм 130 – 150.

Фізико-механічні характеристики ремонтного композиту на основі СБС «Ремокрет - ІВПіМ»:

- адгезія до бетонної основи, МПа 2,0 - 2,8
- водонепроникність W16 – W18
- міцність на стиск, МПа, у віці
- 3 доби 25 - 30
- 28 діб 50 - 70
- міцність на розтяг при згині, МПа, у віці
- 3 доби 4,5 - 5,5
- 28 діб 10 - 13
- водопоглинання за 24 год., % 0,6 - 0,8
- морозостійкість, циклів 400 - 500

2. Технологічні та фізико-механічні показники ремонтних СБС

Показник	Гідро-бетон СРГ-1	Рем-стрім-Т	Скріпа М500	Буд-Майстер ТИНК-93	Церезіт ЦД 25	Ема-соС88Ц	Сіка РЕПЕР	Сілтек Р-5
Рухомість, мм	140	180	130	130	140	200	180	160
Міцність на стиск, МПа								
1 доба	10	20	10	20	18	28	15	15
28 діб	30	50	50	45	45	60	45	35
Міцність на згин, МПа								
1 доба	1,0	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	7,0	4,0
28 діб	4,5	7	7,5	8,5	8,0	8,0	9,0	8,0
Міцність зчеплення з бетоном, МПа	1,0	1,5	1,4	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0
Водонепроникність, W	12	12	20	12	12	12	18	15
Морозостійкість, циклів	250	300	300	75	300	300	-	200
Життєздатність, хв.	40	45	30	40	30	50	45	30

Морозостійкість композиту «Ремокрет - ІВПіМ», яка коливається в межах 400-500 циклів, дозволяє прогнозувати високу ефективність його застосування при проведенні ремонтно-відновлювальних робіт для конструкцій, які експлуатуються в умовах заморожування – відтавання. Водонепроникність ремонтного композиту в межах W16 – W18 дозволяє розглядати його як матеріал для підвищення водонепроникності бетону конструкцій ГТС.

Фізико-механічні властивості ремонтного композиту залежать від рецептури СБС. У результаті досліджень впливу рецептури на властивості ремонтного композиту та експериментально-статистичного моделювання визначено оптимальну рецептуру суміші «Ремокрет-ІВПіМ» як матеріалу для конструкційного ремонту ГТС, % мас.:

портландцемент М500	23,0-23,8
кварцовий пісок	69,1-71,6
мікрокремнезем	3,58-5,76
порошковий полікарбонатний суперпластифікатор	0,06-0,1
поліпропіленова фібра	0-0,12
редиспергуючий полімерний порошок	0,95-1,84

Широкий діапазон міцнісних характеристик ремонтних композитів та необхідна життєздатність ремонтних сумішей (не менше 30 хв.) «Ремокрет – ІВПіМ» дозволяють здійс-

нювати різні види ремонту залізобетонних ГТС (конструкційний, неконструкційний) в залежності від типу та масштабу пошкоджень. Дослідно-виробнича апробація розробленої ремонтної суміші показала її високу технологічність та можливість застосування для відновлення геометричної форми та монолітності вертикальних, горизонтальних та криволінійних поверхонь залізобетонних конструкцій. Розробка готова до широкого впровадження в технологіях ремонтно-відновлювальних робіт на об'єктах Держзодержавства України.

Висновок. Аналіз сучасного будівельного ринку показує наявність широкого спектру пропозицій СБС для ремонту та відновлення бетону конструкцій різного призначення, однак висока вартість стримує їх широке застосування в гідромеліоративній галузі. В ІВПіМ НААН розроблена нова суміш «Ремокрет-ІВПіМ» для ремонту та відновлення гідротехнічного бетону. Висока технологічність, підвищені фізико-механічні властивості та невисока вартість дозволяють прогнозувати ефективне використання розробленої суміші для підвищення експлуатаційної надійності та довговічності ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу при їх ремонті та реконструкції.

Бібліографія

1. Богданов И.Я. Сухие строительные смеси для ремонта асфальтобетонных покрытий в дорожной отрасли / И.Я. Богданов, Л.А. Иванова // Пробл. стр-ва и архитектуры. 24-я регион.науч.-техн.конф.- Красноярск:КрасГАСА, 2006.- с.135-137.
2. Иванова Л.А. Безбитумная композиция на основе сухих строительных смесей для ремонта дорожных покрытий / Л.А. Иванова, В.А. Шевченко: сб.ст. шестой всерос. конф. «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции НАСКР – 2007».- Чебоксары: 2007.- с.172-176.
3. Козлов Г.Н. Сухие бетонные смеси «Эмако» для ремонта железобетонных конструкций транспортных сооружений / Г.Н. Козлов // Науч.-техн. информ.сб./ Информавтодор.- М.: 2001, вып., с.44-57.
4. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог.-М.: Росавтодор, 2003.- 19 с.
5. Ремонт аэродромных покрытий материалами Master Builders Solutions // Электронный ресурс: <http://remont/askei/kyiv/ua/articl/remont-aerodromnix-pokrytij-mat...>
6. Авсеенко А.А. Методические указания для определения стоимости ремонта аэродромных покрытий / А.А. Авсеенко, А.А. Чутков.- М.: МАДИ, 2010.- 58 с.
7. Большаков Э.Л. Сухие строительные смеси для строительства и эксплуатации мостов / Э.Л. Большаков // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве (Материалы международной конференции 10-12 октября 2007). – СПб, РИФ «Роза мира», 2007.- с.32-34.
8. Технологические правила ремонта каменных, бетонных и железобетонных конструкций железнодорожных мостов.-М.: ОАО «Российские железные дороги», 2005.- 93 с.
9. Заключение о применении сухих ремонтных смесей марки МБР для железобетонных мостовых конструкций.- М.: ОАО ЦНИС НИЦ «Мосты», 2011.- 16 с.
10. Технические рекомендации по устранению дефектов железобетонных изделий и конструкций.- М.: ГУП «НИИМосстрой», 2007.- 22 с.
11. Особенности ремонта гидротехнических сооружений. Статья ООО «БАСФ Строительные системы» // Ценообразование и сметное нормирование в строительстве.- 2010.- №9.- с.12-14.
12. Ремонт гидротехнических сооружений составами МБР // электронный ресурс:<http://quartz-ekb.tiu.ru/p6081021-remont-gidrotehnicheskikh-sooruzhenij.html>.
13. Патент на корисну модель № 93585. Коваленко О.В., Агеев А.О. Суха будівельна суміш для ремонтних гідроізолюючих розчинів.- 2014.- Бюл.№ 19.
14. Патент на корисну модель № 93586. Коваленко О.В., Крученюк В.Д., Агеев А.О. Суха будівельна суміш для ремонтних гідроізолюючих розчинів.- 2014.- Бюл.№ 19.

А.В. Коваленко

Современные материалы для ремонта и восстановления бетона гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса

Проанализирован современный рынок ремонтных сухих строительных смесей ведущих мировых производителей, области их применения, технологические и физико-механические свойства ремонтных композитов на их основе. Приведена рецептура новой ремонтной смеси «Ремокрет-ИВПиМ» и результаты исследований ее свойств как материала для ремонта и восстановления бетона гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса.

A.V. Kovalenko

Modern materials for repair and restoration of concrete of the hydraulic structures of water-reclamation complex

Modern market of repair dry construction mixtures of leading world manufacturers, their application areas, technological and physical-mechanical properties of repair composites on their basis are analyzed. The recipe for a new repair mixture "Remokret-IWPM" and the results of the study of its properties as a material for repair and restoration of concrete of the hydraulic structures of water-reclamation complex are given.

УДК 626.01:626.82:338.43

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗРОШУВАЛЬНИХ КАНАЛІВ

В.І. ПЕТРОЧЕНКО, канд. тех. наук,
Інститут водних проблем і меліорації НААН

Розглянуто проблему підвищення ефективності використання зрошувальних каналів в умовах їх довготривалої експлуатації і потреби збільшення обсягів зрошення в Україні. З позицій системного аналізу наведені основні напрямки та методичні засади рішення цієї проблеми з урахуванням економічних критеріїв, технічного стану каналів та наслідків шкідливої дії фільтрації.

Ключові слова: складні системи, рентабельність, зрошувальний канал, товарна вода, шкідлива дія вод, фільтрація, протифільтраційний захист

Проблема та її актуальність. Для подальшого розвитку агропромислового комплексу та підвищення продовольчої безпеки України нині виникла гостра потреба відновлення зрошення, яке порівняно з 1990 р. скоротилося у 4 рази. Першим етапом відновлення зрошення є відновлення зрошувальних систем та підвищення ефективності їх роботи [1]. Майже усі зрошувальні системи України та зрошувальні канали були побудовані за «Масштабною програмою розвитку меліорації» (1966 р.). Після довготривалої (понад 30–40 років) експлуатації зрошувальні канали потребують відновлення, реконструкції, модернізації, а також застосування нових економічно доцільних режимів подачі і розподілу води.

Враховуючи головний недолік вітчизняних виробничих структур, а саме відносно низький рівень їх конкурентоспроможності, вважається, що для рішення проблеми відновлення зрошувальних систем потрібен більш досконалий науково-методологічний інструментарій. Якщо раніше для прийняття управлінських рішень щодо будівництва меліоративних систем достатньо було встановити можливість отримання від меліорації збільшення врожаїв та певного прибутку, то зараз, в умовах зростаючого дефіциту матеріальних і енергетичних ресурсів, необхідно доводити, що саме ці, а не інші, проектні і управлінські рішення меліоративних заходів є найкращими.

Метою роботи є обґрунтування основних напрямків інноваційної діяльності з удосконалення зрошувальних каналів та підвищення ефективності їх використання в умовах відновлення та розвитку зрошуваного землеробства.

Методика досліджень. Дослідження виконували з позицій системного аналізу та

синергетики, що дозволило проаналізувати проблему на новій науково-методологічній основі та розробити методичні засади її вирішення.

Результати досліджень. Використовуючи синергетичний підхід, заснований у 1969 р. Г. Хакеном, який набув в останні роки широку популярність у науковому середовищі [2], було встановлено, що складні системи розвиваються у базисному напрямку у вигляді гілок, починаючи від вихідних матеріальних ресурсів до утворення кінцевого продукту або об'єкта, а також у альтернативному напрямку, де базисні гілки у певному ієрархічному порядку функціонально з'єднуються. Кожна базисна гілка закінчується її певним кінцевим базисним об'єктом, а базисна гілка найвищого ієрархічного рівня закінчується кінцевим базисним продуктом або об'єктом усієї складної системи. Під складною системою у системному аналізі розуміється не тільки система вже сформованих матеріальних об'єктів на стадії їх сумісного функціонування, наприклад система працюючих каналів чи зрошувальна система, а й повний комплекс інших взаємопов'язаних об'єктів на усіх стадіях розвитку системи для забезпечення можливості досягнення основної функції системи.

На найвищому рівні досліджуваної складної системи початковим базисним об'єктом є вода, що подається у канал, а кінцевим – вода, що подається споживачам. Оскільки базисний об'єкт усієї системи повинен займати вищий і до того ж фіксований ієрархічний рівень, а кількість ієрархічних рівнів системи на початку досліджень невідома, то найвищий рівень доцільно вважати нульовим, а нижчі позначати від'ємними цифрами.

Річна витрата води G , що подається у канал, розподіляється так:

$$G = G_k + G_{gm} = G_k + G_{\phi} + G_{mc} + G_{en}, \quad (1)$$

де G – річна витрата води бруutto, тис. м³/рік; G_k – корисна витрата води нетто, тис. м³/рік; G_{gm} – загальні втрати води з каналу, тис. м³/рік; G_{ϕ} – втрати води на фільтрацію, тис. м³/рік; G_{mc} – втрати на технологічні скиди, тис. м³/рік; G_{en} – втрати води на випаровування, тис. м³/рік.

Відповідно до розподілу загальної витрати води G комплекс інноваційних заходів, що розроблюються, доцільно поділити на три блоки (рис. 1), кожен з яких розглядається як окремий напрямок здійснення заходів.

За першим напрямком здійснюються заходи, спрямовані на збільшення об'ємів G_k споживання води з каналів шляхом відновлення та модернізації мережі розподілу води з каналів, налагодження взаємовигідних контрагентських відносин між постачальниками і споживачами води тощо. Ці заходи вважаються першочерговими, оскільки не потребують значних інвестиційних вкладень. Вони оцінюються такими показниками:

$$D_k = C G_k; \quad (2)$$

$$Z_{\phi p} = Z_{\phi p}^I G_{\phi p} + Z_{експ} + Z_{нт}; \quad (3)$$

$$W_k = D_k / Z_{\phi p}; \quad (4)$$

$$\Delta D_{\phi z} = C \Delta G_k; \quad (5)$$

$$\Delta Z_{\phi z}^I = \Delta Z_{\phi z}^I / T_{\phi z}; \quad (6)$$

$$W_{\phi z} = \Delta D_{\phi z} / \Delta Z_{\phi z}^I, \quad (7)$$

де D_k – дохід від реалізації води, тис. грн./рік; C – ціна послуг на подачу товарної води (далі ціна на воду), грн./м³; G_k – річний об'єм подачі води споживачам нетто, тис. м³/рік; $Z_{\phi p}$ – затрати на подачу води в канал, тис. грн./рік; $Z_{\phi p}^I$ – затрати на подачу 1 м³ води в канал, грн./м³; $G_{\phi p}$ – річний об'єм подачі води в канал бруutto, тис. м³/рік; $Z_{експ}$ – річні експлуатаційні затрати по обслуговуванню каналу, тис. грн./рік; $Z_{нт}$ – збитки від підтоплення прилеглих до каналу територій, тис. грн./рік; W_k – показник ефективності подачі води споживачам до відновлення каналу; $\Delta D_{\phi z}$ – додатковий дохід від збільшення об'ємів споживання води з каналу, тис. грн./рік; ΔG_k – збільшення об'ємів споживання води з каналу внаслідок здійснення додаткових заходів, тис. м³/рік; $\Delta Z_{\phi z}^I$ – загаль-

ні затрати на здійснення додаткових інженерних заходів, тис. грн.; $\Delta Z_{\phi z}^I$ – річні затрати на здійснення додаткових заходів, тис. грн./рік; $T_{\phi z}$ – очікуваний строк дії ефекту від додаткових заходів, рік; $W_{\phi z}$ – показник ефективності здійснення додаткових інженерних та експлуатаційних заходів.

Згідно раніше проведених досліджень [3] встановлено, що втрати води з каналів G_{gm} , які складаються з втрат води на фільтрацію G_{ϕ} , технологічні скиди G_{mc} і випаровування G_{en} , не залежать від корисної витрати води в каналах G_k і за умови незмінності (умовної незмінності) у часі протифільтраційних властивостей каналу можуть бути розраховані за формулою:

$$G_{gm} = G_{нт}^{np} \frac{1 - K_{np}}{K_{np}}. \quad (8)$$

де $G_{нт}^{np}$ – витрата води в каналі за проектом будівництва зрошувальної системи нетто, тис. м³/рік; K_{np} – коефіцієнт корисної дії каналу за проектом.

Разом з тим розрахунковий коефіцієнт корисної дії каналів залежить від корисної витрати води в каналах G_k і визначається за формулою:

$$K_p = \frac{G_k}{G_k + G_{нт}^{np} \frac{1 - K_{np}}{K_{np}}} = \frac{\beta}{\beta + \frac{1 - K_{np}}{K_{np}}}, \quad (9)$$

де $\beta = G_k / G_{нт}^{np}$ – коефіцієнт зменшення фактичної витрати G_k відносно $G_{нт}^{np}$.

У сучасних умовах експлуатації каналів маємо такі співвідношення:

$$G_k < G_{нт}^{np}; \quad \beta < 1; \quad K_p < K_{np}. \quad (10)$$

Здійснення першочергових заходів буде сприяти збільшенню витрати води нетто G_k на величину ΔG_k , що забезпечить отримання додаткового доходу $\Delta D_{\phi z}$ (4). Якщо на каналі облаштувати нові точки водовиділу, у тому числі водозабори для систем водопостачання населених пунктів, то експлуатаційні показники каналу можуть бути підвищені і навіть перевищити проектні:

$$(G_k + \Delta G_k) \geq G_{нт}^{np}; \quad \beta \geq 1; \quad K_p \geq K_{np}. \quad (11)$$

Формула (9) справедлива, якщо замість G_k підставити в неї $G_k + \Delta G_k$.

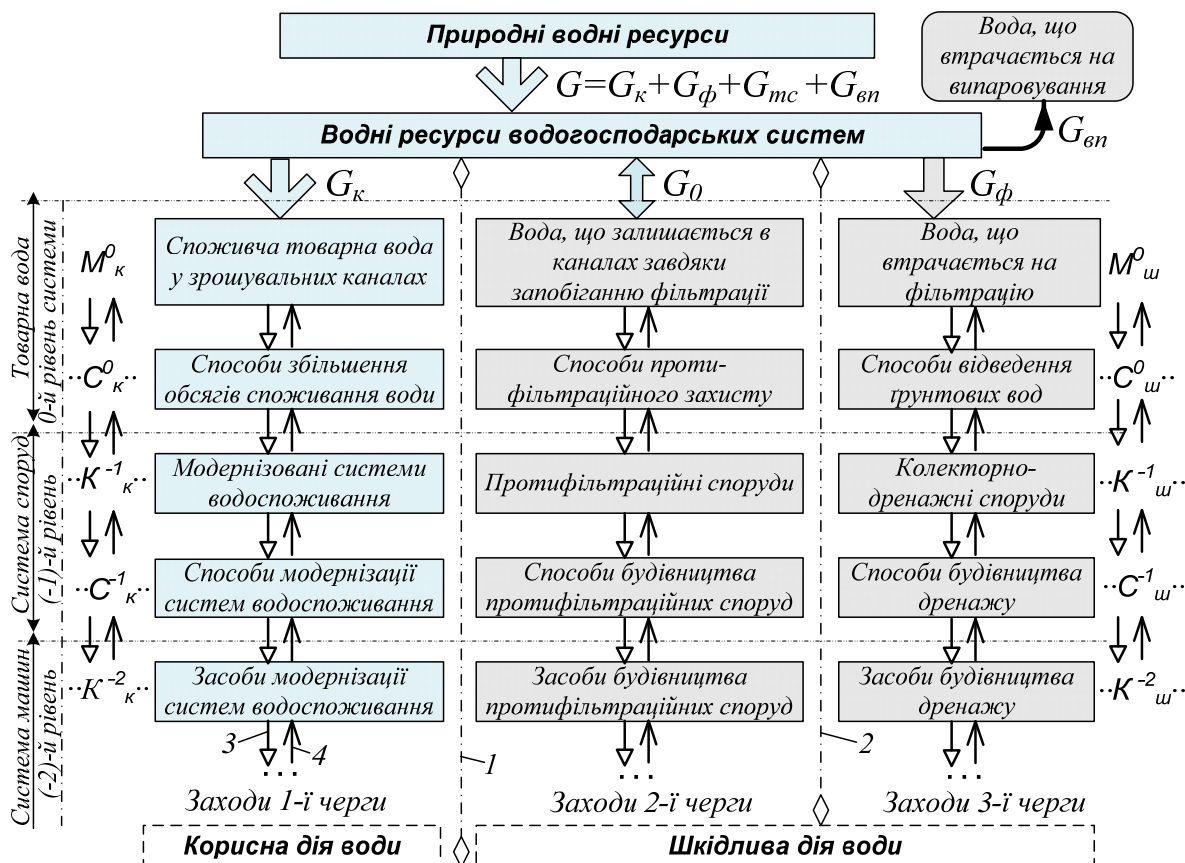


Рис. 1. Загальна координаційна схема підготовки інноваційних рішень заходів з відновлення та інтенсифікації роботи зрошувальних каналів:

1 – вісь біфуркації першого порядку; 2 – вісь біфуркації другого порядку; 3 і 4 – напрям підготовки і напрям реалізації проектних конструктивно-технологічних рішень

Заходами другої черги з відновлення та інтенсифікації роботи каналів вважаються противільтраційні заходи, які оцінюються такими показниками:

$$D_{nf} = \Pi G_0 + B Z_{nf}^{nf}; \quad (12)$$

$$G_0 = \lambda G_f = \lambda \psi G_{em}; \quad (13)$$

$$Z_{nf}^I = Z_{nf} / T_{nf}; \quad (14)$$

$$W_{nf} = D_{nf} / Z_{nf}^I; \quad (15)$$

де D_{nf} – дохід від противільтраційних заходів, тис. грн./рік; G_0 – річний об'єм води, що залишається в каналі завдяки виконанню противільтраційних заходів, тис. м³/рік; λ – показник ефективності роботи противільтраційних споруд ($0 < \lambda < 1$); ψ – коефіцієнт, який визначає частку втрат води на фільтрацію G_f від загальних втрат води з каналу G_{em} ($\psi = 0,93 \dots 0,96$); Z_{nf} – загальні затрати на виконання противільтраційних заходів, тис.

грн.; T_{nf} – очікуваний строк дії ефекту від противільтраційних заходів, рік; Z_{nf}^I – затрати на виконання противільтраційних заходів, що припадають на один рік, тис. грн./рік; $B Z_{nf}^{nf}$ – відвернені противільтраційними заходами збитки від підтоплення прилеглих до каналу територій, які розраховуються на один рік, тис. грн./рік; W_{nf} – показник ефективності противільтраційних заходів.

Заходами третьої черги з відновлення та інтенсифікації роботи каналів передбачено захист від шкідливої дії вод на прилеглих до каналу територіях. До цих заходів, головним чином, відноситься будівництво дренажу та противільтраційних завіс, ефективність яких оцінюється показниками:

$$D_{dp} = B Z_{dp}^{dp}; \quad (16)$$

$$Z_{dp}^I = Z_{dp} / T_{dp}; \quad (17)$$

$$W_{dp} = D_{dp} / Z_{dp}^I; \quad (18)$$

де D_{op} – позитивний ефект (дохід) від здійснення заходів будівництва дренажу, тис. грн./рік; BZ_{nm}^{op} – відвернені дренажем збитки від підтоплення прилеглих до каналу територій, що припадають на один рік, тис. грн./рік; Z_{op} – загальні затрати на будівництво дренажу, тис. грн.; T_{op} – очікуваний строк дії дренажу, рік; Z_{op}^l – затрати на будівництво дренажу, що припадають на один рік, тис. грн./рік; W_{op} – показник ефективності здійснення заходів від підтоплення.

Відвернені збитки $BZ_{nm}^{n\phi}$ і BZ_{nm}^{op} , що враховуються у формулах (12) і (16), вважаються за позитивний ефект і складаються з відвернених економічних, екологічних і соціальних збитків, які можуть бути розраховані за методикою [4].

Для трьох блоків конструктивно-технологічних рішень (рис. 1) їх взаємозв'язок у альтернативному (вертикальному) напрямку аналітично відображається у вартісних показниках системою рівнянь:

$$\begin{aligned} \begin{matrix} \text{Ієрархічні рівні системи} \\ \text{0-й} \\ \text{(-1)-й} \\ \text{(-2)-й} \\ \text{(-3)-й} \end{matrix} \quad \begin{cases} Z_v^0 = B_v^0 + \sum_{\theta=1}^{Y^0} \frac{Z_{\theta}^{-1}}{R_{\theta}^{-1}} (r_{\theta}^{-1})_v^0 \\ Z_{\theta}^{-1} = B_{\theta}^{-1} + \sum_{\eta=1}^{Y^{-1}} \frac{Z_{\eta}^{-2}}{R_{\eta}^{-2}} (r_{\eta}^{-2})_{\theta}^{-1} \\ Z_{\eta}^{-2} = B_{\eta}^{-2} + \sum_{z=1}^{Y^{-2}} \frac{Z_z^{-3}}{R_z^{-3}} (r_z^{-3})_{\eta}^{-2} \\ Z_z^{-3} \end{cases} \quad (19) \end{aligned}$$

де Z_z^{-3} , Z_{η}^{-2} , Z_{θ}^{-1} , Z_v^0 – затрати на спорудження (виготовлення) z -го, η -го, θ -го і v -го об'єктів на відповідно (-3)-му, (-2)-му, (-1)-му і 0-му рівнях системи; B_z^{-3} , B_{η}^{-2} і B_{θ}^{-1} – витрати на придбання матеріалів і заробітну платню при спорудженні η -го, θ -го і v -го об'єктів на відповідно (-2)-му, (-1)-му і 0-му рівнях системи; R_z^{-3} , R_{η}^{-2} і R_{θ}^{-1} – загальний розрахунковий ресурс (мото-часи, довговічність тощо) практичного використання z -го, η -го і θ -го об'єктів, споруджених відповідно на (-3)-му, (-2)-му і (-1)-му рівнях; $(r_z^{-3})_{\eta}^{-2}$, $(r_{\eta}^{-2})_{\theta}^{-1}$ і $(r_{\theta}^{-1})_v^0$ – частки ресурсів R_z^{-3} , R_{η}^{-2} і R_{θ}^{-1} , які використовуються при спорудженні η -го, θ -го і v -го об'єктів на відповідно (-2)-му, (-1)-му і 0-му рівнях.

Для досягнення високої конкурентоспроможності проектних рішень пропонується в процесі їх підготовки на кожному ієрархічному рівні системи замість інтуїтивних методів застосовувати детерміновані методи, наприклад метод базисної гілки, наведений у [5]. Зваживши на те, що базисним об'єктом складної системи є вода, для оптимального розподілення витрат G_k , G_{θ} і G_{ϕ} доцільно застосовувати метод біфуркації базису, наведений у [6].

Таким чином, за результатами досліджень розробку заходів відновлення та інтенсифікації роботи зрошувальних каналів доцільно виконувати у такій послідовності. Спочатку здійснюють підготовку інноваційних рішень заходів за трьома основними напрямками їх здійснення, користуючись схемою (рис. 1) та застосовуючи новітні методи пошуку проектних рішень. Потім встановлюють взаємозв'язок конструктивно-технологічних рішень за вартісними показниками, використовуючи систему рівнянь (19). Основні економічні показники заходів визначають за формулами (2)...(7) і (12)...(18). Ефективність роботи каналу до здійснення заходів з його відновлення оцінюють за показником W_k , який розраховують за формулою (4). Ефективність інноваційних заходів за трьома основними напрямками оцінюють показниками W_{ϕ} , $W_{n\phi}$ і W_{op} , які розраховують за формулами (7), (15) і (18). Якщо показники інноваційних заходів кращі за показник W_k , приймають рішення щодо здійснення останніх. Пріоритет здійснення надають інноваційним заходам, які мають найбільший показник ефективності з множини $\{W_{\phi}, W_{n\phi}, W_{op}\}$.

У наведених вище методичних засадах відсутні рекомендації з визначення ціни на воду C , яка враховується у формулах (2), (5) і (12). Постає потреба розробки такого методичного підходу, який би мав достатньо високий рівень наукового обґрунтування ціни на воду, поєднував переваги як вільного, так і керованого ринку, був придатним та зручним для практичного застосування, сприяв сталому розвитку як водного, так і сільського господарства.

Згідно А. Сміту [7], за вільних ринкових відносин ціна на товари однакової якості, що реалізуються в одному місці, має тенденцію до вирівнювання. За результатами досліджень складних систем встановлено, що вказана закономірність вирівнювання ціни на

товари в умовах вільного ринку є наслідком (похідною) іншої закономірності – вирівнювання у часі рентабельності надання послуг виконавцем, у тому числі продавцем товару, і рентабельності отримання цих послуг їхнім одержувачем, у тому числі покупцем товару. Вирівнювання у часі рентабельності у взаєморозрахунках з позицій системного аналізу пояснюється можливістю в умовах вільного ринку переміщення продуктивних сил у ті структурні складові системи, де рентабельність їх використання вища. При цьому закономірність вирівнювання у часі рентабельності спостерігається не тільки між складовими виробничої системи, вона має місце і між виробничими системами і навіть галузями економіки, де в умовах керованого ринку її вже враховують. Так, згідно єдиної сільськогосподарської політики ЄС, у розвинених індустріальних країнах для запобігання витоку з сільського господарства продуктивних сил, системою сільськогосподарського субсидування витрачається близько 50% бюджету ЄС.

Згідно проведеним системним дослідженням встановлено, що закономірність вирівнювання у часі рентабельності у взаємодії

складових елементів системи є не прямою, а похідною іншої закономірності – вирівнювання у часі показника ефективності W , яким у системних дослідженнях доцільно замінити рентабельність P , враховуючи залежність:

$$W=P+1. \quad (20)$$

На стадії вкладення інвестицій показник W прийнято називати індексом доходності інвестицій. Але його можна назвати ще й градієнтом доходу, оскільки в економіці він має такий же сенс, що і градієнт напору у гідравліці. Водні потоки більш інтенсивно рухаються там, де градієнт напору більший, а ресурсні потоки виробничих систем там, де більший градієнт доходу. У системі з обмеженими фінансовими, матеріальними, трудовими ресурсами переміщення ресурсів та їх обмін закінчується з настанням ресурсообмінного балансу.

Попередньо приймається що ціна на воду $Ц$ повинна бути еластичною. Перший розрахунок ціни на воду здійснюють на початку обґрунтування заходів з відновлення зрошувальних каналів за принципом ресурсообмінного балансу:

$$W_{зр} = \frac{\Delta D_y}{Ц + \Delta Z_{зр}}; \quad W_{\kappa} = \frac{Ц G_{\kappa}}{Z_{бр}}; \quad W_{зр} = W_{\kappa} \quad \text{або} \quad \frac{\Delta D_y}{Ц + \Delta Z_{зр}} = \frac{Ц G_{\kappa}}{Z_{бр}}, \quad (21)$$

де $W_{зр}$ – показник ефективності використання сільгоспвиробником води для зрошення; W_{κ} – показник ефективності подачі води з каналу для зрошення до здійснення заходів; ΔD_y – додатковий дохід від збільшення врожайів при використанні для зрошення 1 м^3 води, грн./ м^3 ; $\Delta Z_{зр}$ – додаткові затрати сільгоспвиробника при використанні для зрошення 1 м^3 води, грн./ м^3 .

Відповідно до (21) ціна на воду $Ц$ визначається з квадратного рівняння:

$$G_{\kappa} Ц^2 + G_{\kappa} \Delta Z_{зр} Ц - \Delta D_y Z_{бр} = 0; \quad (22)$$

$$Ц = \frac{-G_{\kappa} \Delta Z_{зр} + \sqrt{G_{\kappa}^2 \Delta Z_{зр}^2 + 4 G_{\kappa} \Delta D_y Z_{бр}}}{2 G_{\kappa}}. \quad (23)$$

Обмежувальним та одночасно стимулюючим критерієм доцільності використання зрошувальної води до і після здійснення інноваційних заходів є:

$$W_{зр} > W_{c/2} \quad \text{або} \quad \frac{\Delta D_y}{Ц + \Delta Z_{зр}} > W_{c/2}, \quad \text{звідки} \\ Ц < \frac{\Delta D_y}{W_{c/2}} - \Delta Z_{зр}, \quad (24)$$

де $W_{c/2}$ – показник ефективності комплексу інших агротехнічних заходів вирощування продукції рослинництва у господарстві споживача води з каналу.

Висновки. Відновлення зрошувальних каналів є першим етапом рішення проблеми відновлення та розвитку зрошення в Україні.

Встановлено три основних напрямки підготовки, наукового обґрунтування та реалізації інноваційних рішень заходів з відновлення та інтенсифікації роботи зрошувальних каналів, за якими, згідно запропонованих методичних засад, у першу чергу здійснюють заходи з модернізації існуючої мережі розподілу та облаштування систем додаткового споживання води з каналів, потім здійснюють протифільтраційні заходи на каналах, а в останню чергу – заходи захисту від підтоплення прилеглих до каналу територій.

Основним критерієм оцінки ефективності заходів із вдосконалення каналів, як на стадії підготовки інноваційних рішень, так і на стадії управління інвестиційними рішеннями, є показник ефективності, який визначається у вигляді відношення додаткового доходу від заходів до затрат на їх здійснення.

Використання наведених методичних заasad відновлення зрошувальних каналів та еластичного ціноутворення на зрошувальну воду буде сприяти сталому розвитку як водного, так і сільського господарства. Віднов-

лення та вдосконалення роботи каналів дозволить у межах прийнятної для водогосподарських організацій рентабельності знижувати ціну на товарну воду, що забезпечить підвищення економічних показників сільськогосподарського виробництва. А вдосконалення агротехнічних заходів з використанням зрошувальної води дозволить сільгоспвиробникам купувати воду за більш високою ціною в межах прийнятної для них рентабельності, що забезпечить економічне зростання водного господарства.

Бібліографія

1. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України. / За наук. ред. М.І. Ромащенко. – К.: ЦП «Компринт», 2014. – 28 с.
2. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 238 с.
3. Петроченко В.І. Корегування коефіцієнта корисної дії зрошувальних каналів залежно від корисної витрати води в них / В.І. Петроченко, В.А. Розгон // Водне господарство України. – 2015. – №5. – С.27-31.
4. Петроченко В.І. Еколого-економічна ефективність протиаводкових заходів / В.І. Петроченко, В.А. Сташук. – К.: ДІУЕВР, 2009. – 62с.
5. Петроченко В.І. Методологія розробки системи машин для здійснення ефективних заходів захисту від шкідливої дії вод / В.І. Петроченко // Міжвід. темат. наук. зб. Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха. – 2013. – Вип. 98. – т. 1 – С. 541-550.
6. 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.
7. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. В 2 т. / А. Смит. – М.: Наука, 1993. – 570 с.

В.І. Петроченко

Основные направления инновационной деятельности по повышению эффективности использования оросительных каналов

Рассмотрена проблема повышения эффективности использования оросительных каналов в условиях их длительной эксплуатации и необходимости увеличения объемов орошения в Украине. С позиций системного анализа приведены основные направления и методические основы решения этой проблемы с учетом экономических критериев, технического состояния каналов и последствий вредного воздействия фильтрации.

V.I. Petrochenko

The main directions of innovation to improve the efficiency of irrigation canals

The problem of efficient use of irrigation canals in terms of their long-term operation and the need to increase irrigation capacity in Ukraine is investigated. From the standpoint of system analysis the basic directions and methodical basis to solve this problem are given, taking into account the economic criteria, the technical condition of canals and harmful effects of filtration.

УДК 627.8.034.9:624.131.63

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ КОМПЛЕКСУ ЗАХИСНИХ СПОРУД КАМ'ЯНСЬКОГО ПОДУ

П.Д. ХОРУЖИЙ, док. тех. наук,

В.Д. ЛЕВИЦЬКА, аспірант

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Проаналізовано роботу комплексу захисних споруд Кам'янського Поду, що захищає від затоплення та підтоплення територію площею 6,7 тис. га з населенням близько 33 тисячі осіб, та запропоновано спосіб зниження ґрунтових вод з одночасним використанням їх у системах сільгоспводопостачання і зрошення.

Ключові слова: протифільтраційна завіса, водопонижуючі свердловини, горизонтальний дренаж, водозбірна шахта, насосна станція, водопідготовка, водопостачання, краплинне зрошення

Вступ. Комплекс захисних споруд Кам'янського Поду для захисту від затоплення та підтоплення водами Каховського водосховища території площею 6,7 тисяч га з населенням близько 33 тисяч осіб, які проживають у місті Кам'янка-Дніпровська, селах Велика Знам'янка, Водяне та інших населених пунктах, був побудований у 1956 р. До його складу входять: Кам'янська (8,6 км), Знам'янська (7,2 км) та Білозерська (1,64 км) дамби, Кам'янська та Знам'янська протифільтраційні завіси із систем берегових вертикальних дренажів, що налічують відповідно 191 і 81 свердловину, компресорні станції та Білозерську насосну станцію, обладнану двома насосними агрегатами типу ОПВ-2-110 загальною продуктивністю 10 м³/с.

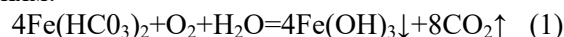
Кам'янка-Дніпровська протифільтраційна завіса (ПФЗ) має довжину 9,87 км. Вона захищає від підтоплення 4470 га земель села Водяне та 8,8 тис. будівель з населенням близько 22 тисяч осіб у м. Кам'янка-Дніпровська.

З дренажних свердловин вода забирається за допомогою ерліфтів, до яких нагнітається повітря від компресорної станції, обладнаної трьома компресорами продуктивністю 120 м³/хв кожний. Стиснуте повітря трубопроводами надходить у свердловини, кожна з яких здатна відкачувати 5-7 л/с води. [1]

Зібрана вода загальним дебітом близько 1 м³/с надходить у колектор, а з нього – у Білозерський лиман, рівень води в якому на 8,5-9 м нижче, ніж у Каховському водосховищі [2]. З лиману вода перекачується в Каховське водосховище Білозерською насосною станцією.

Основні причини незадовільної роботи споруд ПФЗ. Аналіз роботи свердловин з ерліфтною системою водовідбору [2] показав неефективність і неекономічність такої ПФЗ з таких основних причин:

1. У ґрунтових водах даного регіону залізо знаходиться у закисній формі (Fe²⁺) у кількості 0,41-3,34 мг/дм³, а при ерліфтному водопідйомі воно окиснюється при контакті з киснем повітря, що подається до свердловини, до тривалентної форми (Fe³⁺) і випадає в осад на фільтрі, прифільтровій зоні та водопідйомних трубах згідно з хімічним рівнянням:



При цьому утворюється осад з тривалентного гідроксиду заліза (Fe(OH)₃), який кольматує фільтри дренажних свердловин, значно знижуючи їхній питомий дебіт. За 8-10 років експлуатації цей дебіт зменшується удвічі, це вимагає ліквідації малodeбітних свердловин і буріння та введення в експлуатацію нових, що потребує значних капітальних витрат.

2. Ерліфти мають низький коефіцієнт корисної дії (ККД), що призводить до перевитрат електроенергії на відкачування води із дренажних свердловин.

3. Відкачувана із дренажних свердловин вода перекачується в Каховське водосховище, тобто не використовується на потреби водоспоживачів.

Актуальність проблеми. Аналіз сучасного стану захисних споруд Кам'янського Поду. Нині багато свердловин Кам'янка-Дніпровської і Знам'янської ПФЗ потребують перебудовування, оскільки зупинка роботи ПФЗ через зниження дебіту викликає різке підвищення рівня ґрунтових вод (менше 2 м

від поверхні землі), при якому створюється надзвичайна ситуація на забудованій території.

Унаслідок шкідливого впливу ґрунтових вод порушені нормальні умови життєдіяльності мешканців районного центру та сіл Водяне та Велика Знам'янка Кам'янсько-Дніпровського району. За період з 2015 р. і дотепер загальна кількість постраждалих склала більше 1500 осіб [3], які проживають на територіях, поверхня землі яких значно нижче рівня води в Каховському водосховищі.

Нині доведено, що в існуючих гідрогеолого-меліоративних умовах для забезпечення розрахункового рівня ґрунтових вод в прилеглих до Каховського водосховища територіях середній дебіт із дренажної свердловини має становити близько 7 л/с, а їхній сумарний дебіт для Кам'янка-Дніпровської ПФЗ – не менше 1350 л/с. Проте, на даний час із 275 водоопонуючих свердловин задіяних двох ПФЗ із технічних причин 104 є непрацездатними, а 22 свердловини працюють з наднизькою продуктивністю (менше 2 л/с) та підлягають оновленню шляхом буріння нових свердловин. Таким чином, працездатність вказаної системи пониження рівнів ґрунтових вод складає нині фактично не більше 60 % від потреби, що не дозволяє ефективно протидіяти підтопленням. Крім того, технічний стан усіх компресорних агрегатів Кам'янської компресорної станції потребує невідкладного капітального ремонту. На цій станції із двох компресорів працездатним є лише один, що при відсутності резерву створює ризик повної зупинки роботи ПФЗ.

Починаючи з січня 2016 р. Держводагентством України було повністю припинено фінансування протиповеневої програми, що не дозволяє нормально експлуатувати ПФЗ.

Потреба у фінансуванні заходів для роботи ПФЗ. За підрахунками фахівців для сталого функціонування захисних споруд необхідно щорічно виділяти з Державного бюджету не менше 16 млн. грн. для оплати електроенергії та 10 млн.грн. для фінансування робіт із ремонту компресорних станцій, відновлення гідротехнічних споруд і свердловин, очищення дренажних каналів тощо. Оскільки відсутність проведення цих робіт упродовж двох років створює передумови до критичного підвищення рівня ґрунтових вод і виникнення надзвичайних ситуацій (руйнування

державних, комунальних та приватних будівель, затоплення земель та руйнування дамби Каховського водосховища), то 8 червня 2016 р. була прийнята постанова Кабінету Міністрів України «Реконструкція гідротехнічних споруд захисних масивів дніпровських водосховищ», яка має на меті захист 131 населеного пункту, де проживає близько 600 тисяч населення, та 197 тис. га землі. Цим інвестиційним проектом передбачено реконструкцію 300,6 км захисних дамб, 28 насосних та 3 компресорних станцій. Загальний обсяг видатків Державного бюджету на реалізацію цього проекту передбачено у сумі 1289 млн.грн. Срок реалізації – 2016-2030 рр., а відповідальним виконавцем є Держводагентство України. Реалізацію заходів здійснюватиме Дніпровське басейнове управління водних ресурсів.

Висновки з аналізу роботи діючих ПФЗ. Існуючі системи ПФЗ у зоні захисного масиву «Кам'янський Под» є ненадійними, неефективними, неекономічними та нерентабельними, оскільки вимагають великих капітальних і експлуатаційних витрат і не забезпечують тривалої стабільної роботи по захисту територій від підтоплення водами, що фільтруються через дамби Каховського водосховища.

Мета роботи

Пропозиції з покращення роботи ПФЗ. Значно покращити роботу систем можна при застосуванні таких заходів:

1. Замість вертикального дренажу з відкачуванням води з дренажних свердловин малоефективними ерліфтами застосувати горизонтальні дрени при самоплинному русі води до водозбірного колодязя [4-7].

2. Відмовитися від застосування компресорних станцій, оскільки при великих питомих витратах електроенергії на відкачування води з дренажних свердловин подача повітря у воду, що містить значну кількість закисного заліза, призводить до зменшення водопрпусної здатності свердловин та необхідності їх перебудовування.

3. Дренажну воду слід відкачувати з водозбірного колодязя вискоефективними відцентровими насосами, забезпечуючи при мінімізації питомих витрат електроенергії на водопідняття розрахункові рівні ґрунтових вод, тобто надійний захист територій від підтоплення.

4. Частину відкачуваної води після відповідної підготовки слід використовувати для сільськогосподарського водопостачання,

краплинного зрошення та забезпечення потреб у воді всіх інших навколишніх споживачів, а решту подавати у Білозерський лиман.

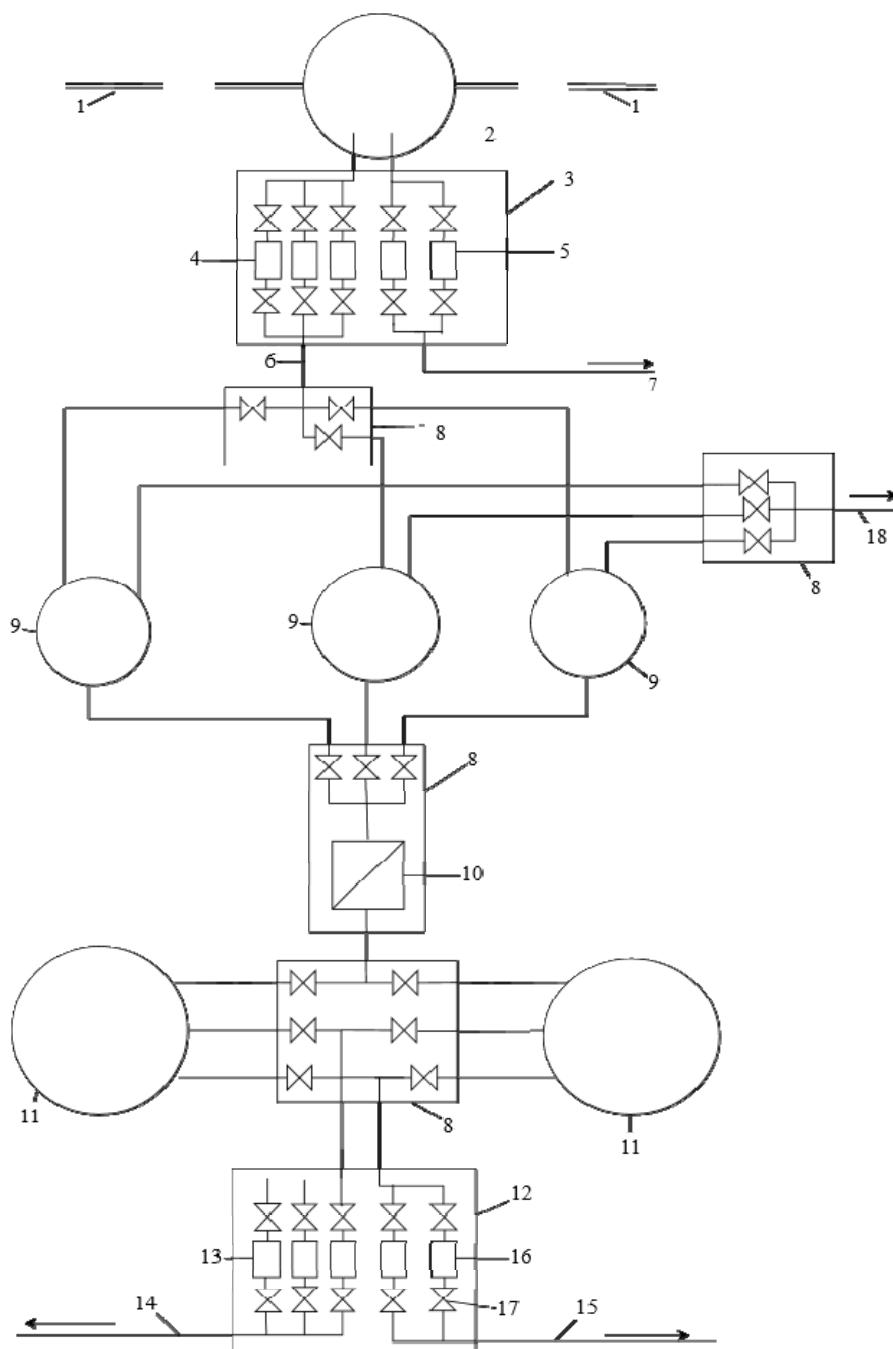


Рис. 1 Схема забору, очищення і подачі дренажних підземних вод для сільськогосподарського водопостачання та краплинного зрошення:

1 – горизонтальні дрени; 2 – водозбірний колодязь; 3 – насосна станція 1-го підняття; 4 – господарські насоси; 5 – перекачувальні насоси; 6 – подача води на очистку; 7 – подача води у водосховище; 8 – оглядові колодязі; 9 – установки для знезалізнення води; 10 – бактеріцидна установка; 11 – резервуари чистої води; 12 – насосна станція 2-го підняття; 13 – господарські та протипожежні насоси; 14 – подача води до споживачів; 15 – подача води на краплинне зрошення; 16 – насоси для подачі води для краплинного зрошення; 17 – засувки; 18 – відведення промивних вод

Методика вирішення проблеми. Запропоновані заходи можуть бути реалізовані по технологічній схемі, наведеній на рис.1. Вона включає в себе горизонтальні дрени 1, по яких притікає вода у водозбірний колодязь 2, звідти вона забирається двома групами насосів: господарськими 4 і перекачувальними 5. Господарські насоси подають воду для очищення з подальшим використанням у системах сільськогосподарського водопостачання та краплинного зрошення, а перекачувальні – для відкачування дренажних вод в необхідній кількості з метою підтримання розрахункового рівня ґрунтових вод. Бажано, щоб господарські насоси 4 забирали всю розрахункову витрату води для водопониження, тобто щоб не витратити електроенергію на роботу перекачувальних насосів 5. Господарські насоси 4 подають воду по трубопроводах у водознезалізнювальне устаткування 9, а перекачувальні насоси 5 по трубопроводу 7 перекачують воду назад у водосховище.

Вода, що подається господарськими насосами 4, очищається від заліза на знезалізнювальних установках 9 і знезараджується на бактерицидній установці 10 та накопичується у резервуарах чистої води (РЧВ) 11, звідки забирається насосною станцією другого підняття 12 і подається за призначенням на господарсько-питні чи протипожежні потреби по трубопроводу 14, а також у систему краплинного зрошення по трубопроводу 15. Управління роботою системи водопостачання здійснюється за допомогою засувки 17, що розміщується в оглядових колодязях 8.

Деякі колодязі можуть бути об'єднані між собою, як це показано на технологічній схемі водознезалізнювальної установки (рис.2).

Установка працює так: вихідна вода по трубі 14 подається до аератора 2, за допомогою якого розбризкується на дрібні крапельки, які, падаючи з висоти не менше 0,5 м, насичуються киснем повітря, що приймає участь у біохімічному окисненні розчиненого у воді бікарбонатного заліза за формулою (1). Ця реакція відбувається в біореакторі 8, де специфічні залізобактерії, що накопичуються на нитках волокнистого завантаження 9, натягнутих між колосниковими решітками 7, дуже швидко переводять двовалентне залізо Fe^{2+} у тривалентну форму, використовуючи при цьому енергію, що виділяється, для своєї життєдіяльності. Після біореактора вода рухається знизу догори через підфільтровий

простір 10 і плаваюче піностирольне завантаження 11, збирається ковпачковим дренажем 12 і по трубі 15 відводиться в РЧВ після її знезараження за допомогою бактерицидної установки 17.

Надфільтровий об'єм води 5 має такі призначення [8]:

- для виділення з води розчинених газів (переважно CO_2), щоб запобігти утворенню пухирцевої кольматації з газів пінополістирольного фільтрувального завантаження;
- для забезпечення постійної швидкості фільтрування води на фільтрі ($V_{\phi} = \text{const}$) при зміні його гідравлічного опору на протя́зі фільтроциклу внаслідок випадання з води забруднень шляхом підняття рівнів води в корпусі установки від $Z_{\min}$ до $Z_{\max}$;
- для протидії виштовхуючої сили плаваючого фільтрувального завантаження на перегородку 6.

В підфільтровому просторі 10 здійснюються основні процеси по очистці води:

- коагуляція малорозчинного у воді гідроксиду заліза $Fe(OH)_3$ у крупні пластівці та накопичення його у вигляді активного мулу, що має каталітичну дію на прискорення реакції (1);
- стиснене осідання крупних пластівців заліза при висхідному русі води.

Ефективність знезалізнення води залежить від питомої брудомісткості фільтра $G_{бр}$, $кг/м^2$, тобто кількості мулу в кг, що припадає на $1 м^2$ фільтрувальної поверхні пінополістирольного завантаження.

Нормативна якість очищеної води знаходиться в межах від мінімальної $G_{бр.\min}$ до максимальної $G_{бр.\max}$ питомої брудомісткості, які залежать від конструкції фільтра, якості вихідної води і швидкості її фільтрування.

Для забезпечення величини $G_{бр.\min}$ новий фільтр потрібно «заряджати», а його промивку здійснювати шляхом вимивання забруднень від $G_{бр.\max}$ до $G_{бр.\min}$. При корисній роботі фільтра тривалістю фільтроциклу T_{ϕ} рівень води на фільтрі змінюється від $Z_{\min}$ (при $G_{бр.\min}$) до $Z_{\max}$ (при $G_{бр.\max}$), тобто втрати напору на фільтрі за цей час зростають на величину h . Вони вимірюються дифманометром 18, після чого фільтр необхідно промивати, тобто видалити з нього надлишок забруднень

$$\Delta G_{бр.} = G_{бр.\max} - G_{бр.\min}, \text{ кг/м}^2 \quad (2)$$

Для цього закривають засувки 21 і 23 та відкривають засувки 20 і 22 (рис.2), внаслідок

док чого вихідна вода рухається у зворотньому напрямку по трубі 15 – ковпачковий дренаж – вниз через пінополістирольне завантаження та по скидному трубопроводу 16 в

каналізацію або мокрий колодязь.

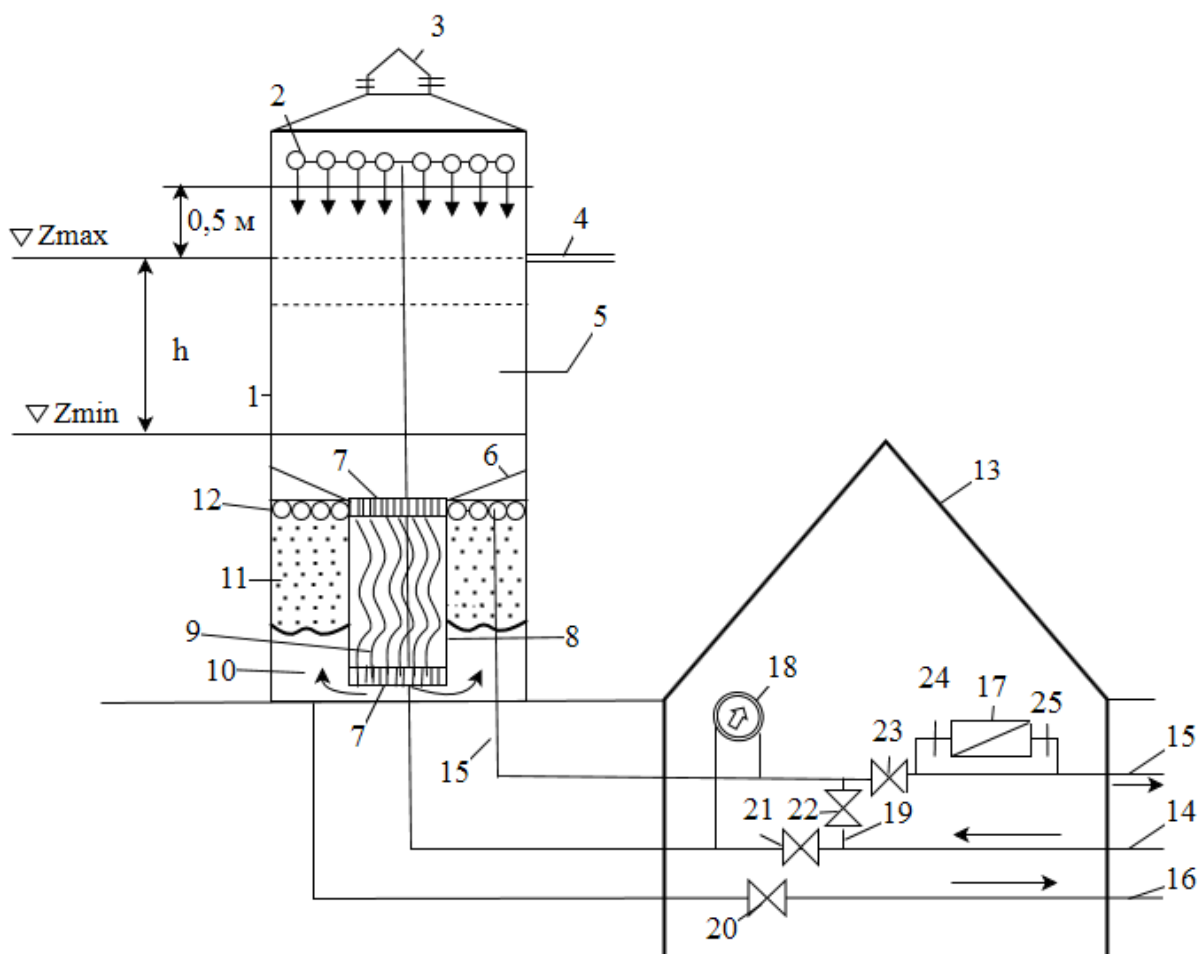


Рис. 2 Технологічна схема водознезалізнюювальної установки:

1 – корпус установки; 2 – аератор; 3 – вентиляційний кожух; 4 – переливна труба; 5 – надфільтровий об'єм води; 6 – перегородка; 7 – колосникова решітка; 8 – біореактор; 9 – волокнисте завантаження; 10 – підфільтровий простір; 11 – плаваюче пінополістирольне завантаження; 12 – ковпачковий дренаж; 13 – службове приміщення (оглядовий колодязь); 14 – подача вихідної води в РЧВ; 15 – відведення очищеної води в РЧВ; 16 – скидання промивної води; 17 – бактерицидна установка; 18 – дифманометр; 19 – подача води на промивку; 20-23 – засувки; 24-25 – вентиля

Щоб не робити «зарядки» фільтра, після промивки в ньому треба залишати активний мул величиною $G_{бр. min}$. Величина $\Delta G_{бр.}$ залежить від інтенсивності та тривалості промивки фільтра, що визначається внаслідок пусконаладжувальних робіт.

Краплинне зрошення є ключовим елементом технологій вирощування сільськогосподарських культур, а тому застосування очищених і знезаражених інфільтраційних вод у зонах підтоплення від дніпровських водосховищ для задоволення різних потреб у сільсь-

кій місцевості має велике соціальне, природоохоронне і техніко-економічне значення.

Система краплинного зрошення складається [9] із насосної станції 2, що забирає воду з РЧВ 1, засобів обліку води 3, вузла внесення добрив і хімікатів з поливною водою 4, мережі магістральних 5, розподільних 6 і поливних трубопроводів з крапельницями 7 (рис. 3).

Принцип дії системи полягає в тому, що вода під напором від насосної станції 2 поступає у магістральні 5, розподільні 6 та поливні трубопроводи з крапельницями 7, а з

них у ґрунт. Система може працювати в ручному, автоматизованому й автоматичному режимах. Вузол внесення добрив 4 призначений для подачі добрив із поливною водою,

розчинів різної концентрації для промивання, хлорування системи краплинного зрошення, а також захисту рослин та поливних водопроводів від ґрунтових шкідників.

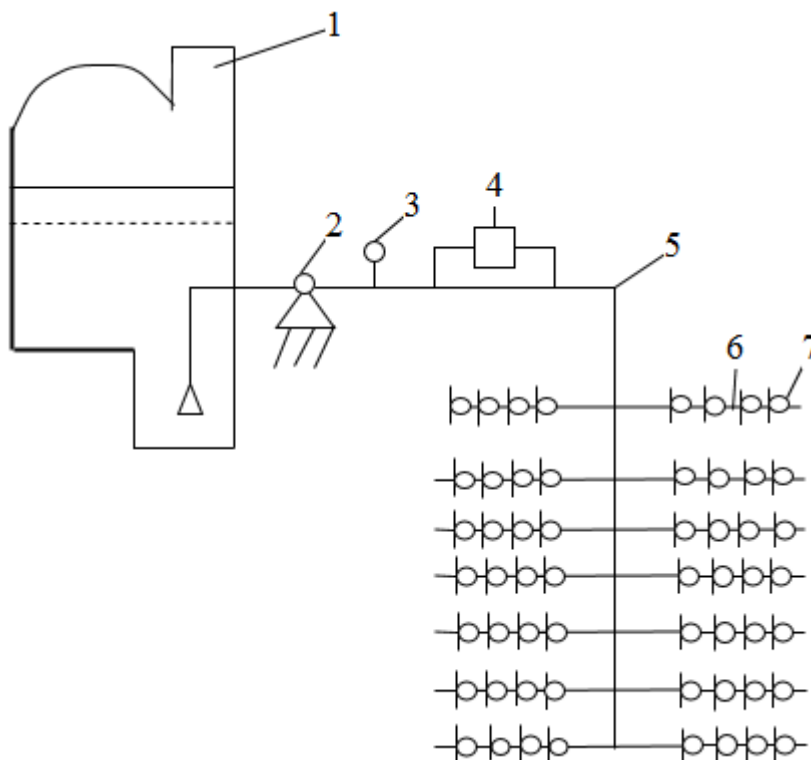


Рис. 3 Принципова схема системи краплинного зрошення

1 – резервуар чистої води; 2 – насосна станція; 3 – засоби обліку води; 4 – вузол внесення добрив і хімікатів; 5 – магістральні трубопроводи; 6 – розподільні та поливні трубопроводи; 7 – крапельниці

Висновки. Еколого-економічний аналіз сучасного стану функціонування комплексу захисних споруд Кам'янського Поду показав, що існуючі ПФЗ є ненадійними, неефективними і неекономічними. Вони вимагають великих капітальних витрат на перебудування дренажних свердловин і значних перевитрат електроенергії на відкачування води ерліфтами, що мають низький ККД. Для покращення роботи таких систем запропоновано замість дренажних свердловин застосовувати горизонтальний дренаж з відкачуванням води з водозбірного колодязя високоефективними насосами для мінімізації питомих витрат електроенергії на підняття води, частину якої доцільно використовувати після відповідної підготовки в системах водопостачання та краплинного зрошення.

Знезалізнення та знезараження відкачаної води доцільно здійснювати на безнапірних установках (рис.2), що забезпечують високу ефективність очищення води при мінімальних витратах на їх будівництво і експлуатацію.

Бібліографія

1. Вишневецький В.І. Ріка Дніпро: Наукове видання / К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.
2. Хоружий П.Д, Крученко В.Д. Аналіз роботи дренажних свердловин з ерліфтною системою водовідбору // Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип.91. – с.209-218.
3. Віра Андрусенко, Валерій Живогляд. Якщо все буде так, як обіцяють, то ґрунтові води не будуть нам загрожувати. – Новини дня – kdr.gov.ua/news -16.06.2016 р. – 2 с.

4. Ромащенко М. Стан та проблеми вертикального дренажу в Херсонській області [М.Ромащенко, А.Шевченко, Д.Савчук та ін.] // *Водне господарство України*. – 2007 -- № 4 – с. 44-55
5. Рябцев М.П. Зависимость эффективности вертикального дренажа от стабильности работы дренажных насосных станций / Рябцев М.П. // *Водне господарство України*. – 2010 -- № 5. – с. 9-13
6. Савчук Д.П. Особливості використання вертикального дренажу / Д.П.Савчук // *Меліорація і водне господарство*. – 2013 – вип.100 – с.221
7. Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П., Кукла І.О. Шахтний колодязь з горизонтальними дренами для забору і подачі інфільтраційних вод в зонах підтоплення сільських територій / Д.П.Хоружий, Т.П.Хомуцька, І.О.Кукла // *Меліорація і водне господарство*. – 2016. – вип. 103. с. – 16-20
8. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д.Хоружий, Т.П.Хомуцька, В.П.Хоружий. – К.: Аграрна наука, 2008 – 534 с.
9. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації): колективна монографія [за ред. Балюка, М.І.Ромащенка, Р.С.Трускавецького]. – Херсон: Грінь Д.С., 2015 – 668 с.

П.Д. Хоружий, В.Д. Левицкая

Пути улучшения работы комплекса защитных сооружений Каменского Пода

Проанализирована работа комплекса защитных сооружений Каменского Пода, который защищает от затопления и подтопления территории площадью 6,7 тыс. га с населением около 33 тыс. и предложен способ снижения грунтовых вод с одновременным использованием их в системах сельскохозяйственного водоснабжения и орошения.

P.D. Khoruzhiy, V.D. Levytska

Ways to improve the operation of the protection facilities complex of Kamensky Pod

The operation of the protection facilities complex of Kamensky Pod is analyzed, which protects from flooding an area of 6.7 thousand hectares with the population of about 33 thousand people. The method for lowering water-table levels while using it in agricultural water supply and irrigation systems is proposed.

УДК 666.96

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ БЕТОНУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ВОДОГОСПОДАРСЬКО-МЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ

О.В. КОВАЛЕНКО, канд. тех. наук

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Висвітлено основні способи відновлення та захисту бетону із застосуванням сучасних композиційних матеріалів при ремонті та реконструкції гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу. Розглянуті фактори, які впливають на процес руйнування бетону, типові види дефектів і пошкоджень бетонних та залізобетонних конструкцій. Розкрито основні принципи підбору ремонтних композицій в залежності від характеру та ступеня пошкоджень, вплив кількісного та якісного складу на їх технологічні та експлуатаційні властивості

Ключові слова: відновлення, ремонт, бетон, гідротехнічні споруди, водогосподарсько-меліоративний комплекс

Актуальність проблеми. Більшість гідротехнічних споруд (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) виконані із бетонних та залізобетонних конструктивних елементів. Бетон, який є основою конструкцій ГТС, у процесі експлуатації піддається агресивним діям зовнішнього середовища, фізичним факторам та механічним діям. При фільтрації води через дефектні зони бетону розвиваються процеси корозії І виду (вилуговування), що призводить до збільшення пористості бетону і подальшого його руйнування; при цьому розвивається корозія арматури, яка підсилюється процесом карбонізації. Продукти корозії збільшують об'єм закладних деталей та арматури, що викликає додаткові напруги та руйнування бетону.

Різноманітність та різний ступінь пошкоджень бетону ГТС ВМК обумовлює необхідність застосування комплексу технологічних процесів ведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) за різними технологічними напрямками. Підхід до створення такої системи повинен базуватися на вимогах до технологій та матеріалів для забезпечення оперативного та ефективного усунення тих чи інших пошкоджень.

Метою даної роботи було проаналізувати основні типи пошкоджень бетону ГТС, сформулювати основні підходи до вибору ефективних ремонтно-відновлювальних матеріалів та технологій ведення РВР.

Результати досліджень. Основні види пошкоджень бетону ГТС в залежності від дії факторів зовнішнього середовища можна класифікувати так:

- руйнування бетону водопропускних споруд унаслідок кавітації або гідроабразивного зносу;
 - корозійні ураження, обумовлені контактом з агресивною водою або фільтрацією води;
 - руйнування бетону надводних частин унаслідок поперемінного заморожування / відтавання, включаючи дію сонячної радіації;
 - руйнування бетону в зоні перемінного рівня води унаслідок поперемінного заморожування / відтавання;
 - механічні пошкодження (відколи кутів елементів, роздроблення в окремих зонах, вибоїни і т.п.);
 - розкриття швів унаслідок температурних дій, просідання основ, землетрусу та інші;
 - тріщини, які обумовлені силовими навантаженнями або температурними діями та орієнтовані вздовж та поперек осі споруди;
 - тріщини, які обумовлені усадкою або реакцією лугів цементу із заповнювачами, які містять активний кремнезем;
 - деструктивні зміни унаслідок корозії арматури (тріщини в захисному шарі вздовж стержнів арматури, відшарування захисного шару);
 - втрата захисних властивостей по відношенню до арматури (карбонізація на всю товщину захисного шару, вилуговування).
- Важливою характеристикою бетону є водонепроникність, яка великою мірою визначає його довговічність. Для гідротехнічних бетонів, які працюють в умовах однобічного тиску води, це один з основних показників (поряд з міцністю). З водонепроникністю пов'язана здатність бетону протистояти всім

видам корозії, а також його морозостійкість. Неущільненості бетону, які доступні для фільтрації води, можуть стати осередками корозії та структурних пошкоджень. Тому в практиці організації і технологічного забезпечення виконання РВР слід враховувати цю обставину і намагатися не тільки повністю ліквідувати структурні пошкодження в конструкції, а по можливості попередити її руйнування, наприклад шляхом кольматації внутрішніх дефектів структури бетону відновлювальними композиціями.

Однією з технологій, яка направлена на підвищення водонепроникності бетону, є **проникаюча гідроізоляція**, механізм дії якої базується на хімічній реакції активних хімічних компонентів гідроізоляційного матеріалу, які розчиняючись у воді, взаємодіють з іонними комплексами кальцію і алюмінію, оксидами і солями металів, що містяться в бетоні. При проходженні цих реакцій формуються більш складні солі, здатні реагувати з водою і утворювати нерозчинні кристалогідрати. Сітка цих кристалогідратів заповнює пори, капіляри і мікротріщини шириною до 0,4 мм. При цьому кристали стають складовою частиною бетонної структури. Унаслідок цього структура бетону ущільнюється в усіх напрямках, попереджуючи проникання води. Заповнені нерозчинними кристалами пори, капіляри і мікротріщини не пропускають воду, оскільки в дію приходять сили поверхневого натягу рідин. Сітка кристалів, яка заповнює капіляри, перешкоджає фільтрації води навіть при наявності високого гідростатичного тиску. Ріст кристалів зупиняється при відсутності води і поновлюється при її з'явленні, ущільнюючи структуру бетону в глибину конструкції.

Гідроізоляційні матеріали, які називаються проникаючими або пенетруючими (від англ. penetrate – проникати) – це сухі суміші на основі портландцементу, кварцевого піску і активних мінеральних добавок. В якості компонентів, які обумовлюють проникаючий ефект, використовують активний кремнезем, активний оксид алюмінію, карбонати та оксалати лужних металів, сульфалюмінати кальцію та інші сполуки, здатні під дією води зв'язувати вільне вапно у важкорозчинні гідросилікати, гідроалюмінати та гідросульфалюмінати кальцію, що кольматують капілярнопористу структуру бетону. Гідроізоляційні матеріали проникаючої дії застосовують тільки по вологій поверхні. Наявність вологи є обов'язковою умовою роботи проникаючої гідроізоляції для формування кристаліч-

них утворень. Якщо ж бетон сухий, то перед нанесенням гідроізоляції він повинен бути зволожений і ретельно очищений до відкриття капілярів і пор. Швидкість і глибина проникання активних хімічних компонентів залежить від хімічного складу, вологості, щільності і пористості бетону, температури оточуючого середовища. Як правило, глибина проникнення пенетруючих матеріалів в бетон при нормальних умовах досягає 10 - 12 см.

Проникаюча гідроізоляція підвищує щільність та морозостійкість бетону, а також його водонепроникність. Оскільки до складу пенетруючих матеріалів не входять полімерні добавки (за винятком матеріалів фірми Drizogo), дана гідроізоляція відноситься до жорстких, що накладає певні обмеження на умови її застосування. Проникаючу гідроізоляцію не слід застосовувати, якщо розмір тріщин перевищує 0,3 – 0,4 мм, а також у випадку впливу на поверхню, яка захищається, динамічних навантажень. При ремонті «старих» споруд така гідроізоляція може бути малоефективна, так як «старий» бетон має значну величину розкриття тріщин, у нього важко відкрити пори та бракує вільного гідроксиду кальцію.

Руйнування конструкцій ГТС починається з руйнування захисного шару бетону; його водонепроникність, товщина, пористість, тріщиностійкість у значній мірі визначають стійкість бетону до агресивного впливу зовнішнього середовища. Технологія **поверхневого просочування** композиціями, що полімеризуються, може слугувати додатковим або вторинним захистом бетону ГТС. Поверхнєве просочування бетону на глибину від 15 до 35 мм композиціями, які здатні полімеризуватися під дією різних ініціаторів полімеризації та каталітичних систем, застосовують для підвищення стійкості до стирання бетону, зміцнення його верхнього шару та підвищення морозостійкості, а також для захисту конструкцій від впливів агресивних середовищ, біологічних факторів і атмосферних втручань. Просочувальні матеріали це рідкі композиції, які частково або повністю заповнюють мікротріщини, капіляри і пори в бетоні з наступним їх перетворенням в тілі бетону (полімеризацією) у твердий високомолекулярний продукт (полімер) [1,2]. Таке просочування дозволяє значно зменшити пористість бетону та підвищити його фізико-механічні показники.

Просочувальні композиції дозволяють ліквідувати локальні структурні пошкодження розміром 100-500 мм. За своєю хімічною природою вони становлять собою суміші мономерів вінілового ряду (стирол, дивінілбензол, метилметакрилат) з пероксидними ініціаторами полімеризації, а також склади на основі епоксидних, поліуретанових та акрилових смол з відповідними каталізаторами полімеризації (затверджувачами). У результаті просочування міцність вихідного бетону при стиску і розтягу підвищується від 3 до 4 раз, водонепроникність від 1,5 до 6 разів, морозостійкість від 3 до 6 разів, міцність при ударі від 1,5 до 3 раз, модуль пружності - у 1,5 рази, адгезія бетону до арматури - у 9-10 разів, кавітаційна стійкість - у 5-10 разів, ударна міцність - у 1,5-3 рази. Водопоглинання бетону знижується в 4 - 5 разів.

У процесі проведення РВР на гідротехнічних спорудах часто виникає потреба швидко та надійно зупинити надходження води. Для ліквідації активних протікань застосовують **швидкотвердіючі тампонажні суміші**, що складаються із цементів та добавок, які забезпечують високу швидкість формування твердих кристалічних структур на початковій стадії взаємодії з водою (гідратації) та швидкий набір міцності. Час тужавіння таких матеріалів знаходиться в діапазоні від 15 – 60 секунд до 5-10 хвилин. Терміни тужавіння сумішей регулюються вмістом солей, які є добавками-модифікаторами, що прискорюють набір міцності, а також вмістом алюмінату кальцію та мікрокремнезему. Ці матеріали застосовують тоді, коли необхідно запобігти прямому проникненню води, яке перешкоджає проведенню ремонтно-відновлювальних та гідроізоляційних робіт. Їх застосовують для герметизації точкових протікань, поверхні з крапельною фільтрацією, протікань через «холодні шви» та пасивні тріщини, ліквідації протікань в зоні проходження металевої труби через конструкцію та протікань в стикових сполученнях конструкцій [3-5]. Суміші здатні зупинити протікання води під тиском до 5 атм. Такі суміші можна застосовувати при улаштуванні суцільного гідроізоляційного шару в умовах постійного притоку води в споруді.

Швидкотвердіючі суміші мають недостатню тріщиностійкість, тому їх рекомендується застосовувати в комплексі з іншими гідроізоляційними матеріалами. Після твердіння

їх накривають шаром звичайної полімерцементної або поліуретанової гідроізоляції. Це пояснюється тим, що в наступні періоди експлуатації швидкотужавіючі матеріали можуть втрачати свої фізико-механічні властивості і можуть стати проникними для води.

При активних фільтраціях великих об'ємів води слід застосовувати технологію **напірного ін'єктування** з використанням спеціальних матеріалів на основі гідроактивних ізоціанатів [6-8]. В залежності від геометричних розмірів, структури пошкоджень, інтенсивності фільтрації призначають вид ін'єкційного матеріалу. Матеріали для ін'єкційного відновлення та захисту бетону за своїм хімічним складом поділяють на силікат-ізоціанатні (на основі рідкого скла), епокси-ізоціанатні, поліуретанові, епоксидні, акрилатні (гелі), кремнійорганічні матеріали (силоксани), мікроцементи. Силікат-ізоціанатні, епокси-ізоціанатні та поліуретанові композиції містять сполуки з кінцевими ізоціанатними (NCO) групами, які визначають їх водореакційну здатність. У процесі ін'єктування NCO-групи активно зв'язують воду, яка знаходиться в тріщинах, порах, порожнинах та дефектах бетону з утворенням міцних і водостійких структур. При цьому в умовах контакту з водою пор бетону зв'язування призводить до пониження тиску в порожнинах, що у свою чергу сприяє заповненню цих порожнин ін'єкційно-відновлювальною композицією. На реакції ізоціанатних груп з водою базується застосування поліуретанових композицій для ліквідації активних протікань води через конструкції гідротехнічних споруд.

Напірне ін'єктування здійснюють за допомогою спеціального обладнання, основними елементами якого є ін'єкційний насос та пакери (анкер-пристрої). Пакери встановлюють в ін'єкційних отворах-шурфах. Насос та пакери з'єднують системою трубопроводів. Насос повинен забезпечувати безперервне нагнітання ін'єкційного складу, змінюючи величину тиску від 2 до 140 бар в залежності від ширини розкриття тріщини та пористості бетону, а також необхідну продуктивність ін'єктування при певній величині тиску (наприклад, не менше 0,4 л/хв. при тиску 140 бар).

Для відновлення конструкцій, які під впливом агресивного навколишнього середовища в процесі експлуатації втратили свої

проектні показники і несучу здатність, застосовують технологію **конструкційного ремонту** [9-11]. **Конструкційний ремонт** ще називають структурним ремонтом. До структурного відновлення бетонних та залізобетонних конструкцій відносять ремонтні заходи, які виконують на глибину більшу товщини захисного шару бетону і робочої арматури. Конструкційне відновлення елементів споруд виконують у процесі капітального ремонту.

Усунення дефектів поверхні бетону конструкцій, які не впливають на несучу здатність елементів споруди, але є можливою причиною утворення серйозних руйнувань, у майбутньому називають **неконструкційним** ремонтом. Це такі дефекти поверхні бетону: неякісно влаштовані робочі шви при бетонуванні, відколи бетону на глибину менше захисного шару, висока пористість поверхні залізобетонної конструкції, усадочні тріщини, недостатня товщина захисного шару внаслідок зсуву арматурного каркаса щодо проектного положення при укладанні бетонної суміші і т.д. Руйнування бетонних і залізобетонних конструкцій часто починається з захисного шару бетону, тому ремонт і відновлення захисного шару і ремонт дефектів по-

верхні залізобетонних конструкцій є запорукою довговічної експлуатації будівлі або споруди.

Для конструкційного та неконструкційного ремонтів застосовують суміші, які в залежності від типу в'язучого можна розділити на три групи: на основі полімерних смол, на основі цементів, модифікованих активними мінеральними добавками, на основі цементів, модифікованих полімерами (полімерцементні).

Найбільш широке застосування набули полімерцементні ремонтні склади, які становлять собою суміші сухих компонентів, що складаються з портландцементу, піску і модифікуючих мінеральних та полімерних добавок. Для ефективного відновлення бетону та залізобетону ремонтний склад повинен мати високу адгезію до бетону, що відновлюється, мати схожі з бетоном фізико-хімічні параметри, мінімальну усадку, низьке водоцементне відношення та бути легкоукладальним.

Згідно DIN EN1504-3:2006 «Матеріали і системи для ремонту та захисту бетонних конструкцій» в залежності від призначення визначають 4 класи ремонтних сумішей: R4, R3, R2, R1 (табл.1).

1. Вимоги до ремонтних матеріалів на цементній основі, які призначені для конструкційного та неконструкційного ремонту (згідно DIN EN1504-3:2006)

Найменування характеристик	Метод випробувань	Значення			
		конструкційний		неконструкційний	
		Клас R4	Клас R3	Клас R2	Клас R1
Міцність на стиск, МПа	EN 12190	≥ 45	≥ 25	≥ 15	≥ 10
Міцність зчеплення з бетоном, МПа	EN 1542	≥ 2	$\geq 1,5$	$\geq 0,8$	$\geq 0,8$
Модуль пружності, ГПа	EN 13412	≥ 20	≥ 15	не має вимог	не має вимог
Сумісність при циклах заморожування/відтаювання. Адгезія після 50 циклів	EN 12617-4	≥ 2	$\geq 1,5$	$\geq 0,8$	візуальний контроль
Стійкість до карбонізації, глибина (d_k)	EN 13295	$d_k < \text{контрольного бетону}$			
Стійкість до термічного удару в сухому стані. Адгезія після 30 циклів	EN 12617-4	≥ 2	$\geq 1,5$	$\geq 0,8$	візуальний контроль
Стійкість до термічного удару (грозовий дощ). Адгезія після 30 циклів	EN 12617-4	≥ 2	$\geq 1,5$	$\geq 0,8$	візуальний контроль
Капілярна сорбція (коефіцієнт капілярного переносу), $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}^{0,5}$	EN 13057	$\leq 0,5$		$\leq 0,5$	не має вимог
Вміст хлоридів, % за масою	EN 1015-17	$\leq 0,05$			

Класи ремонтних сумішей розподіляються між конструкційним та неконструкційним ремонтом, тобто для області застосування, де згідно проекту ремонтних робіт передбачається передача навантаження через зону ремонту або потрібні тільки косметичні роботи.

- R4 – конструкційні матеріали, призначені для ремонту основних несучих конструкцій;

- R3 – конструкційні матеріали, призначені для ремонту огорожувальних конструкцій, а також слабко навантажених елементів споруд та поверхневих пошкоджень, що не впливають на несучу здатність основних несучих конструкцій;

- R2 – неконструкційні матеріали – захисні покриття, до яких пред'являються вимоги по міцності, яка достатня для сприйняття зовнішніх стираючих або інших механічних дій на поверхні конструкцій;

- R1 – неконструкційні матеріали – захисні покриття, призначені до застосування на поверхнях, які не піддаються зовнішнім механічним пошкодженням.

Основна вимога до ремонтних сумішей – вони повинні утворювати міцні адгезійні зв'язки та створювати з бетонною поверхнею стійку систему. Відновлення бетону в даному випадку слід розглядати як створення композиційної системи матеріалів. Цю задачу вирішують модифікуючі добавки, присутні в ремонтних сумішах. Ці добавки (мікрокремнезем, редиспергуючий латексний порошок, порошковий суперпластифікатор, полімерна фібра та ін.) є важливим фактором формування структури і властивостей ремонтних сумішей, що перетворюють прості цементно-піщані розчини у високоякісні ремонтні композиції [9]. Добавки забезпечують необхідні властивості ремонтним сумішам: рухомість, пластичність, клейкість, високі показники адгезії та міцності, водонепроникності та морозостійкості.

Для підвищення гідроізоляційної здатності та корозійної стійкості бетону ГТС ВМК застосовують технологію **полімерцементної гідроізоляції** [12]. Полімерцементні гідроізоляційні матеріали – це суміші, які складаються з певного виду, або декількох видів цементу, фракціонованого кварцового піску в різній пропорції та модифікуючих добавок (сухих полімерних або мінеральних порош-

ків). За кількістю вихідних компонентів ці матеріали бувають однокомпонентні і двокомпонентні. У першому випадку це суха суміш, яка включає сополімер вінілацетату і змішується з водою при підготовці до нанесення. У другому випадку це суха суміш, яка містить редиспергуючий полімерний порошок (компонент1) та полімерну дисперсію, як правило, акрилову (компонент 2). Однокомпонентні склади утворюють жорстку гідроізоляцію, яку застосовують для захисту бетонних та залізобетонних конструкцій з низьким ступенем фільтрації, а двокомпонентні – еластичну гідроізоляцію, яку застосовують для конструкцій, що піддаються деформаціям, а також для поверхонь з високим ступенем фільтрації води та на яких утворюються тріщини до 1 мм.

За пружно-пластичним станом полімерцементні покриття поділяють на жорсткі, напівжорсткі, еластичні (відносно подовження від 10% до 50%) та наделастичні (відносно подовження більше 50%). За способами нанесення полімерцементну гідроізоляцію поділяють на фарбувальну, обмазувальну і штукатурну. Склади, які містять полімер в кількості 5 – 10%, найбільш придатні для штукатурної гідроізоляції, а ті, в яких кількість полімеру більше 10% – для обмазувальної та фарбувальної, оскільки вони легко наносяться пензлем або щіткою. Фарбувальну гідроізоляцію застосовують в основному для захисту від капілярної вологи, а інколи і від води, яка просочується. Ця ізоляція становить собою водонепроникне покриття, що утворюється в результаті багатошарового фарбування поверхні плівкоутворюючими рідкими або пастоподібними матеріалами. Штукатурна гідроізоляція – це покриття товщиною 5 – 20 мм, яке наносять пошарово, застосовуючи технологію штукатурних робіт.

Покриття, які виконані із жорстких сумішей, мають високі гідроізоляційні та захисні властивості, забезпечують гідроізоляцію споруд, які знаходяться під напором води (так звана «негативна гідроізоляція»): вода працює на відрив гідроізоляції від основи. Жорстка гідроізоляційна суміш формує міцні адгезійні зв'язки з основою, оскільки заповнює і герметизує всі пори. Таке покриття має високий опір корозійному впливу агресивної води та атмосферним факторам. Жорсткі полімерцементні гідроізоляційні матеріали за-

безпечують водонепроникність при «позитивному» тиску води до 9 атм. та при негативному – до 7 атм.

Двокомпонентні еластичні суміші призначені для улаштування ізоляції конструкцій споруд 3-ї категорії тріщиностійкості, а також конструкцій, які піддаються дії вібрації та динамічних навантажень. Еластичні полімерцементні гідроізоляційні матеріали забезпечують водонепроникність при «позитивному» тиску води до 7 атм. та при негативному – до 5 атм. Вони перекривають тріщини шириною до 1 мм. Еластичні гідроізоляційні суміші застосовують на конструкціях, де допускається недовготривале розкриття тріщин шириною 0,3 мм і довготривале розкриття тріщин шириною 0,2 мм.

Полімерцементні гідроізоляційні суміші слід наносити не менше як у два шари. Щоб уникнути тріщин товщина шарів не повинна перевищувати 1,5 мм. Кожний новий шар наносять тільки після висихання попереднього. При цьому товщина покриття залежить від навантаження, яке буде діяти на гідроізоляцію в процесі експлуатації. Якщо на покриття діє ґрунтова волога або вода без тиску, його товщина повинна бути не менше 2 мм.

У випадку тиску води товщина покриття повинна бути не менше 2,5 мм.

Висновок. Безвідмовна експлуатація гідротехнічних споруд при довготривалій дії на бетон агресивних факторів оточуючого середовища можлива лише за умови забезпечення його відновлення та захисту ефективними ізоляційними, антикорозійними, морозостійкими, високоміцними, зносо- та кавітаційно-стійкими композиційними матеріалами. Технології проникаючої гідроізоляції, поверхневого полімерного просочування, напірного ін'єктування гідроактивними поліуретанами, полімерцементного конструкційного ремонту та полімерцементної гідроізоляції дозволяють ефективно проводити ремонтно-відновлювальні та захисні роботи на спорудах водогосподарсько-меліоративного комплексу. Високі фізико-механічні властивості, підвищена адгезійна міцність до водонасиченого бетону та екологічна безпечність полімерцементних композиційних матеріалів обумовлюють перспективність їх застосування для відновлення та захисту бетону гідротехнічних споруд.

Бібліографія

1. Патент на корисну модель №56749. Просочувальна полімерна композиція / Коваленко О.В., Литвиненко П.Є.- 2011, Бюл.№2
2. Патент на корисну модель №56750. Просочувальна полімерна композиція / Коваленко О.В., Литвиненко П.Є.- 2011, Бюл.№2.
3. Патент на корисну модель №93578. Спосіб захисту та ремонту будівельних конструкцій / Коваленко О.В., Агеев А.О., Сакара О.Ю.- 2014.- Бюл. № 19.
4. Патент на корисну модель №93935. Спосіб захисту та ремонту будівельних конструкцій / Коваленко О.В., Агеев А.О., Сакара О.Ю.- 2014.- Бюл. № 20.
5. Патент на корисну модель № 94245. Спосіб захисту та ремонту будівельних конструкцій. / Коваленко О.В., Агеев А.О., Сакара О.Ю.- 2014.- Бюл. № 21.
6. Патент на корисну модель № 76451. Спосіб захисту та ремонту залізобетонних конструкцій / Коваленко О.В., Крученюк В.Д.- 2013.- Бюл. № 1.
7. Патент на корисну модель № 76452. Спосіб укріплення і захисту будівельних конструкцій / Коваленко О.В., Крученюк В.Д.- 2013. Бюл. № 1.
8. Коваленко О.В. Рекомендації з технології ін'єкційної гідроізоляції бетонних та залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу із застосуванням полімерних композицій / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк // ІВПіМ.- К.: видавництво «ДІА».- 2015.- 56 с.
9. Патент на корисну модель № 93585. Суха будівельна суміш для ремонтних гідроізолюючих розчинів / Коваленко О.В., Агеев А.О.- 2014.- Бюл. № 19.
10. Патент на корисну модель № 93586. Суха будівельна суміш для ремонтних гідроізолюючих розчинів / Коваленко О.В., Крученюк В.Д., Агеев А.О.- 2014. Бюл.- № 19.
11. Коваленко О.В. Рекомендації з технології конструкційного ремонту бетонних та залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу із застосу-

ванням полімерцементних сухих будівельних сумішей / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк, А.О. Агеев // ІВПіМ.- К.: видавництво «ДІА».- 2015.- 96 с.

12. Коваленко О.В. Рекомендації з технології полімерцементної гідроізоляції бетонних та залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк // ІВПіМ.- К.: видавництво «ДІА».- 2015.- 63 с.

А.В. Коваленко

Особенности восстановления и защиты бетона гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса

Освещены основные способы восстановления бетона с применением современных композиционных материалов при ремонте и реконструкции гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса. Рассмотрены факторы, влияющие на процесс разрушения бетона, типичные виды дефектов и повреждений бетонных и железобетонных конструкций. Раскрыты основные принципы подбора ремонтных композиций в зависимости от характера и степени повреждений, влияние количественного и качественного состава на их технологические и эксплуатационные свойства.

A.V. Kovalenko

Features of the restoration and protection of concrete of the hydrotechnical structures of water-reclamation complex

The main methods of restoration of concrete with the use of modern composite materials for repair and reconstruction of hydraulic structures of water-reclamation complex are covered. Factors affecting the process of destruction of concrete, typical types of defects and damages of concrete and reinforced concrete structures are considered. The main principles of selection of repair compositions are revealed depending on the nature and extent of damage, the influence of quantitative and qualitative composition on their technological and operational properties.

ЗМІСТ

ВОДНІ РЕСУРСИ

Hoffmann M., Saliuk A.F. Hydromorphological assessments at the irpin river – methodological hints and first findings	3
Михайлов Ю.О., Шевченко А.М., Даниленко Ю.Ю., Лютницький С.М., Богаєнко В.О. Водний баланс як форма сценарію управління використанням водних ресурсів в умовах зрошення.....	10
Шевчук С.А., Шевченко І.А. Визначення показників якості води за даними дистанційного зондування землі.....	16
Чарний Д.В., Мацелюк Є. М., Харченко М. Ю. Дослідження ефективності роботи контактного фільтра з пінополістирольним фільтруючим завантаженням при очищенні природних поверхневих вод	26
Вишневський В.І., Лопата Л.М. “Цвітіння” води на водозаборі Дніпровської водопровідної станції	31
Петроченко О.В. Дослідження процесу висхідного фільтрування води на фільтрах з плаваючим багаточаровим завантаженням	36
Бандурович Ю.Ю., Фандалюк А.В., Осійський Е.Й., Скоблей М.П. Якість поверхневих вод басейну річок Тиса-Тур Ошибка! Закладка не определена.	
Чарний Д.В. Обґрунтування можливості очищення підземних вод із понаднормовим вмістом Fe^{2+} і Mn^{2+} за допомогою спрощеної аерації по безреагентній схемі	48

ЗРОШЕННЯ – ОСУШЕННЯ

Усатий С.В., Усата Л.Г. Біологічне забруднення води в системах краплинного зрошення	57
Рокочинський А.М. Системна оптимізація водорегулювання як необхідна умова створення та функціонування водогосподарсько-меліоративних об’єктів на еколого-економічних засадах	67
Приведенюк Н.В. Урожайність валеріани лікарської за краплинного зрошення в умовах лівобережного Лісостепу України	72
Шалай С.В., Фроленкова Н.А., Бондарчук Н.С., Рокочинський А.М. Обґрунтування показника проектної врожайності на осушуваних землях як основи оцінювання їхньої ринкової вартості	77

АГРОРЕСУРСИ

Ромашенко М.І., Матяш Т.В., Ковальчук В.П., Сорока Н.В., Богаєнко В.О., Автоматизація і оптимізація підбору добрив за балансовим методом	82
Ромашенко М.І., Ковальчук В.П., Тараріко Ю.О., Сорока Ю.В., Крученюк А.В., Демчук О.С. Система інформаційного забезпечення аграрного виробництва через мережу інтернет	87
Чорна К.І. Світовий досвід консолідації земель сільськогосподарського призначення.....	93

ГІДРОЛОГІЯ – ЕКОЛОГІЯ

Сидоренко О.О., Цвстова О.В., Тураєва О.В. Екологічний стан агроландшафтів території межиріччя Західного Бугу та Прип'яті	97
Сидоренко О.О., Поліщук К.В., Нечай О.М. Екологічний аудит меліорованих агроландшафтів в сучасних умовах	104

ГІДРОТЕХНІКА

Коваленко О.В. Сучасні матеріали для ремонту та відновлення бетону гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу	108
Петроченко В.І. Основні напрямки інноваційної діяльності з підвищення ефективності використання зрошувальних каналів	113
Хоружий П.Д., Левицька В.Д. Шляхи покращення роботи комплексу захисних споруд Кам'янського Поду	119
Коваленко О.В. Особливості відновлення та захисту бетону гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу	126

Наукове видання

Меліорація
і водне господарство

Випуск 104

**Міжвідомчий тематичний
науковий збірник
Заснований у 1965 році.**

Редактор - Т.І. Трошина
Коректор – Н.В. Логунова

Підписано до друку 6 жовтня 2016 року
Формат 60х84/8. Папір Офс.
Ум. арк. 16,04. Наклад 100 примірників.

Видання та друк: ФОП Грінь Д.С., 73033, м. Херсон, а/с 15
e-mail: dimg@meta.ua. Свід. ДК № 4094 від 17.06.2011