



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ
І МЕЛІОРАЦІЇ

ISSN 2616-5562 (Online)

ISSN 2616-5643 (Print)

МЕЛІОРАЦІЯ І ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО

ЖУРНАЛ

№ 2
2020

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

ISSN 2616-5562 (Online)

ISSN 2616-5643 (Print)

МЕЛІОРАЦІЯ І ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО

№ 2 • 2020

журнал

(випуск 112)

Київ
2020

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002>

Засновник – Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України. Свідоцтво про державну реєстрацію – серія КВ № 24001-13841Р.

Журнал включено до «Переліку наукових фахових видань України» (категорія «Б») у галузі сільськогосподарських (спеціальність 201 – Агронімія) та технічних наук (спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія) на підставі наказу Міністерства освіти і науки України від 17.03.2020 р. № 409.

У журналі відображено результати теоретичних та експериментальних досліджень із пріоритетних напрямів: агроресурси, водні ресурси, зрошення, осушення, гідрологія, екологія, гідротехніка, агроінженерія тощо. Журнал розрахований та буде корисним для науковців, фахівців водного та сільського господарства. Два видання журналу за рік публікують оригінальні наукові статті, а також огляди, пов'язані з профілем журналу.

Журнал включено до міжнародних та національних інформаційних та наукометричних баз, репозитаріїв і пошукових систем:

*The International System
for Agricultural Science
and Technology (FAO)*



*Research Bib
Journal Database
(Японія)*



Crossref



*BASE – Bielefeld
Academic Search Engine
(Німеччина)*



РИНЦ (Російська Федерація)

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського



*Open Ukrainian Citation
Index (OUCI)(Ukraine)*



*Scientific Indexing
Services (SIS)*



**Scientific Indexing
Services**

CIARD RING



Google Scholar (США)



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

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту водних проблем і меліорації НААН 09 грудня 2020 року (протокол № 10).

Адреса редакції:

Інститут водних проблем і меліорації НААН
вул. Васильківська, 37, Київ, 03022
Тел. (044) 257-40-30, 067 791 67 11
<http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg>

ISSN 2616-5562 (Online)
ISSN 2616-5643 (Print)

© Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2020

JOURNAL
“LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT”

№ 2 • 2020

«МЕЛІОРАЦІЯ І ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО»

EDITORIAL BOARD:

M. ROMASHCHENKO, Doctor of Engineering Sciences, Prof, Academician of NAAS. (*Editor-in-Chief*)

T. TROSHYNA, N. LOGUNOVA, K. SHATKOVSKA, O. VOITOVYCH (*Executive Editors*)

TECHNICAL SCIENCES
(192 – *Construction and civil engineering*):

B. FAYBISHENKO,
Doctor of Engineering Sciences, Prof. (USA)

V. ADAMCHUK,
*Doctor of Engineering Sciences, Prof.,
Academician of NAAS of Ukraine*

V. BULGAKOV,
*Doctor of Engineering Sciences, Prof.
Academician of NAAS of Ukraine*

A. ROKOCHYNSKIY,
Doctor of Engineering Sciences, Prof.

D. CHARNYI,
Doctor of Engineering Sciences.

V. KOVALCHUK,
Doctor of Engineering Sciences.

V. BOHAIENKO,
Ph.D. in Engineering Sciences

P. KOVALCHUK,
Doctor of Engineering Sciences, Prof.

P. KOVALENKO,
*Doctor of Engineering Sciences, Prof.,
Academician of NAAS, RAS (Russia)
and IAA Georgofili (Italy)*

V. KRAVCHUK,
*Doctor of Engineering Sc.s, Prof.,
Academician of NAAS of Ukraine*

Y. MYKHAILOV,
Doctor of Engineering Sciences

V. POPOV,
Doctor of Engineering Sciences

P. KHORUZHYI,
Doctor of Engineering Sciences, Prof.

V. VYSHNEVSKIY,
Doctor of Science in Geography, Prof.

M. YATSIUK,
Ph.D. in Geography

O. MUZYKA,
Ph.D. in Engineering Sciences

S. SHEVCHUK,
Ph.D. in Engineering Sciences

AGRICULTURAL SCIENCES
(201 – *Agronomy*):

B. SCHULTZ,
Dr. habil., Prof. (The Netherlands)

R. ISLAM,
Ph. D. (USA)

V. USHKARENKO,
*Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,
Academician of NAAS of Ukraine*

O. TARARIKO,
*Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,
Academician of NAAS of Ukraine*

S. BALIUK,
*Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,
Academician of NAAS of Ukraine*

V. PICHURA,
Doctor of Agricultural Sciences, Prof.

V. MOSHYNSKIY,
Doctor of Agricultural Sciences, Prof.

O. TONKHA,
Doctor of Agricultural Sciences, Prof.

A. LIKHATSEVYCH,
*Doctor of Engineering Sciences, Prof.,
Corresponding member of NAS,
Academician of RAS (Belarus)*

A. SHATKOVSKIY,
*Doctor of Agricultural Sciences,
Corresponding Member of NAAS of Ukraine*

V. VERGUNOV,
*Doctor of Agricultural Sciences,
Prof., Academician of NAAS of Ukraine*

Y. TARARIKO,
*Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,
Academician of NAAS of Ukraine*

I. SLIUSAR,
*Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,
Corresponding Member of NAAS of Ukraine*

O. ZHOVTONOG,
Doctor of Agricultural Sciences, Prof.

V. VASIUTA,
Doctor of Agricultural Sciences

M. MALYARCHUK,
Doctor of Agricultural Sciences

KYIV • 2020

“LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT”

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

М.І. РОМАШЕНКО, д.т.н., проф., акад. НААН (*головний редактор*)
Т.І. ТРОШИНА, Н.В. ЛОГУНОВА, К.Б. ШАТКОВСЬКА, О.П. ВОЙТОВИЧ (*виконавчі редактори*)

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

(192 – *Будівництво та цивільна інженерія*):

Б.О. ФАЙБИШЕНКО,
д. т. н., професор (США)

В.В. АДАМЧУК,
д. т. н., професор, академік НААН

В.М. БУЛГАКОВ,
д. т. н., професор, академік НААН

А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ,
д. т. н., професор

Д.В. ЧАРНИЙ,
д. т. н., с.н.с.

В.П. КОВАЛЬЧУК,
д. т. н., с.н.с.

В.О. БОГАСНКО,
к. т. н.

П.І. КОВАЛЬЧУК,
д. т. н., професор

П.І. КОВАЛЕНКО,
д. т. н., професор, академік НААН, член РАН,
член IAA Georgofili

В.І. КРАВЧУК,
д. т. н., професор, академік НААН

Ю.О. МИХАЙЛОВ,
д. т. н., с.н.с.

В.М. ПОПОВ,
д. т. н., с.н.с.

П.Д. ХОРУЖИЙ,
д. т. н., професор

В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ,
д. геогр. н., професор

М.В. ЯЦЮК,
к. геогр. н.

О.П. МУЗИКА,
к. т. н., с.н.с.

С.А. ШЕВЧУК,
к. т. н., с.н.с.

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

(201 – *Агрономія*):

Б. ШУЛЬЦ,
д.н., професор (Нідерланди)

Р. ІСЛАМ,
Ph.D. (США)

В.О. УШКАРЕНКО,
д. с.-г. н., професор, академік НААН

О.Г. ТАРАРІКО,
д. с.-г. н., професор, академік НААН

С.А. БАЛЮК,
д. с.-г. н., професор, академік НААН

В.І. ПЧУРА,
д. с.-г. н., професор

В.С. МОШИНСЬКИЙ,
д. с.-г. н., професор

О.Л. ТОНХА,
д. с.-г. н., професор

А.П. ЛІХАЦЕВИЧ,
д. т. н., професор, чл.-кор. НАН, член РАН (Білорусь)

А.П. ШАТКОВСЬКИЙ,
д. с.-г. н., чл.-кор. НААН

В.А. ВЕРГУНОВ,
д. с.-г. н., професор, академік НААН

Ю.О. ТАРАРІКО,
д. с.-г. н., професор, академік НААН

І.Т. СЛЮСАР,
д. с.-г. н., професор, чл.-кор. НААН

О.І. ЖОВТОНОГ,
д. с.-г. н., с.н.с., професор

В.В. ВАСЮТА,
д. с.-г. н., с.н.с.

М.П. МАЛЯРЧУК,
д. с.-г. н., с.н.с.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-254>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/254>

УДК 631.67;626.86

ЗАХИСТ СЕЛИЩА НОВА МАЯЧКА ОЛЕШКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВІД ШКІДЛИВОЇ ДІЇ ВОД

М.І. Ромащенко¹, докт. техн. наук, Д.П. Савчук², канд. техн. наук, А.М. Шевченко³, канд. с.-г. наук, О.А. Бабицька⁴, канд. техн. наук, М.П. Рябцев⁵, канд. геол. наук, О.І. Харламов⁶, канд. техн. наук, І.В. Котикович⁷

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9997-1346>; e-mail: mi.romashchenko@gmail.com;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-7672-3251>; e-mail: savchuk.igim@gmail.com;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-2637-6538>; e-mail: monitoring_protect@ukr.net;

⁴ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9387-5943>; e-mail: helena-babitska@ukr.net;

⁵ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-6889-8660>; e-mail: ryabzev46@gmail.com;

⁶ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9019-3445>; e-mail: lharlam911@gmail.com;

⁷ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-1492-3557>; e-mail: ikotykovych@gmail.com

Анотація. Розглянуто систему захисту від шкідливої дії вод, умови її функціонування, глибини залягання та динаміку коливання рівнів ґрунтових вод (РГВ) на території селища Нова Маячка Олешківського району Херсонської області. Захист селища від шкідливої дії вод здійснюється за допомогою системи вертикального дренажу, яка відносно рівномірно розміщена на площі. Відстань між свердловинами становить 0,5–1,5 км, глибина – 27 м. Забір води здійснюється переважно з основного неогенового водоносного горизонту в карбонатній товщі. Ефективність системи вертикального дренажу залежала від режиму його експлуатації та технічного стану водозабірних свердловин і насосно-силового обладнання. В умовах стабільної роботи вертикальний дренаж забезпечував досягнення на території селища середньозваженої глибини залягання ґрунтових вод 2,9–3,1 м. За останні 20 років водно-екологічна ситуація істотно погіршилася – спостерігався позитивний тренд підняття РГВ та формування стійкого підтоплення територій. Ґрунтові води залягали на глибинах 1–2 м. У вологі періоди селище зазнає періодичного затоплення. Сучасний розвиток процесів підтоплення та затоплення територій селища вимагає розроблення та реалізації більш ефективної системи захисту. На основі проведених досліджень та сучасних підходів до захисту територій від прояву шкідливої дії вод обґрунтовано систему заходів із запобігання затоплення та мінімізації підтоплення для складних природних та водогосподарських умов селища, яка включає вертикальний і горизонтальний дренаж, акумуляційні водойми, водозатримний вал та водоприймач. Запропонована система захисту селища від шкідливої дії вод, яка передбачає улаштування системи горизонтального дренажу з самопливним водовідведенням або відкачуванням дренажного стоку за межі населеного пункту в Північно-Кримський канал або р. Дніпро.

Ключові слова: горизонтальний і вертикальний дренаж, рівень ґрунтових вод, підтоплення, затоплення, замкнуті зниження.

Постановка питання. Одними з найбільш вразливих щодо розвитку процесів затоплення та підтоплення є днища безстічних знижень, так званих западинних морфоструктур, подів, блюдець [6; 11]. Ці геологічні утворення слугують осередком поширення надлишково зволжених ґрунтів і аквальних земель. Істотний розвиток гідроморфізму на безстічних територіях спостерігається в умовах функціонування великих гідротехнічних об'єктів і зрошення: водосховищ, зрошувальних каналів і систем, а також сучасних змін

клімату, особливо при випадінні аномальних атмосферних опадів або у випадку швидкого танення снігу. При цьому стабілізація водно-екологічної ситуації на масивах вимагає значних зусиль і коштів. Інколи доводиться частково або повністю переселяти мешканців з населених пунктів, що зазнали підтоплення, на інші площі або проводити великий комплекс захисних заходів [3; 7; 13; 22].

Актуальність. В умовах сучасного господарювання особливої актуальності набуває вирішення питання захисту територій від

шкідливої дії вод. Тільки в південному регіоні України прояву процесів підтоплення та затоплення зазнають понад 2,9 млн. га земель та 2135 населених пунктів. Показовим прикладом складності вирішення проблеми захисту безстічних територій від шкідливої дії вод слугує селище Нова Маячка Олешківського району Херсонської області, яке знаходиться в межах великої западинної морфоструктури і зазнає впливу від функціонування Каховського водосховища, Північно-Кримського магістрального каналу і зрошувальних систем та кліматичних флуктуацій [1–3; 7; 8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вирішенню проблеми захисту від шкідливої дії вод селища Нова Маячка присвячено багато наукових праць та досліджень [2; 3; 5; 12; 23 та ін.]. Вагомий внесок у розробку захисних заходів зробили Л.І. Бахтіярова, Л.М. Грановська, В.В. Жужа, В.В. Морозов та ін. Аналіз наукових досліджень та публікацій підтверджує необхідність удосконалення існуючих систем інженерного захисту території селища від підтоплення в напрямі зменшення його енергозалежності та можливості швидкого відведення поверхневого стоку за межі безстічних знижень.

Метою роботи є обґрунтування комплексу заходів щодо захисту від шкідливої дії вод території селища Нова Маячка Олешківського району Херсонської області.

Основним завданням досліджень є встановлення причин розвитку процесів підтоплення і затоплення селища, визначення особливостей режиму РГВ та розроблення комплексу захисних заходів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили на дослідно-виробничій ділянці, яка розташована в межах селища. У рамках досліджень виконано аналіз природних і водогосподарських умов, оцінку гідрогеологічно-меліоративного стану територій та ефективності роботи дренажних систем.

Опрацюванню підлягали карти-топооснови району, характеристики зрошувальних та дренажних систем, результати рекогносцирувальних обстежень, багаторічні дані режимних спостережень Каховської гідрогеологічно-меліоративної експедиції (партії, дільниці), карти глибин залягання рівня ґрунтових вод (РГВ), метеодані (МО «Асканія-Нова»), космознімки, інформаційні матеріали служби надзвичайних ситуацій, засобів масової інформації, наукових публікацій. При цьому вважалось, що територія відноситься до

підтопленої, якщо середньомісячна глибина залягання РГВ перевищує критичну, яка для регіону досліджень становить 2 м від поверхні землі [4; 11; 16].

Характеристика об'єкта досліджень. Селище Нова Маячка розташоване в межах великого безстічного зниження, яке належить до другої (середньої) тераси лівобережної частини Нижнього Дніпра. Зниження на терасі пролягає в південно-західному напрямі від південної околиці м. Таврійськ Каховського району до с. Тарасівка Олешківського району у вигляді овалоподібної смуги, довжина якої становить близько 50 км, а ширина – 5–10 км [23]. Східна частина зниження прилягає до русла Північно-Кримського каналу на ділянці від 8 до 50 км. Рельєф місцевості рівнинний, плоский, з численними великими і дрібними зниженнями на поверхні землі, абсолютні відмітки якої становлять переважно 8,3–13,5 м над рівнем моря.

У заводнених умовах велике зниження слугує потужною природною дреною та зоною розвантаження ґрунтового потоку для вищерозташованих територій верхньої тераси Дніпра та Олешківських пісків. Абсолютні відмітки поверхні землі сягають 40–50 м над рівнем моря і більше ніж на 30 м домінують над дном зниження.

У геологічному відношенні поверхнева товща ґрунтів представлена шарами сучасних (G_{iv}) темно-каштанових ґрунтів 0,4–0,7 м, четвертинних лесовидних суглинків (Vd_{III}) та алювіальних пісків (a_{III}) загальною потужністю біля 8 м, які залягають на меотичних (N_1^3m) карбонатних закарстованих породах неогенового періоду потужністю більше 20 м. Коефіцієнти фільтрації шарів (зверху вниз) складають відповідно 0,5–1,0, 4–10, 50–400 м/добу, водопровідність – 0,5–1,0, 50–80 та 1000–1500 м²/добу. Водоносні горизонти приурочені до верхньої товщі, мають між собою прямий гідравлічний зв'язок, оскільки в геологічному розрізі відсутні водотривкі роздільні шари. Водоносний горизонт безнапірний та відноситься до четвертинних відкладень потужністю біля 8 м, його рівень знаходиться на глибині 0–2 м, а так званий основний неогеновий водоносний горизонт має напір до 8 м. Отже, вказані водоносні горизонти представляють собою єдиний водоносний комплекс, зону активного водообміну. Ґрунтові води залягають на глибинах 0–2 м. Мінералізація водоносного комплексу складає 0,4–1,0 г/дм³.

Найбільш значимими складовими балансу ґрунтових вод є живлення зверху за рахунок

атмосферних опадів, поливів та регіонального живлення знизу з напірного основного неогенового водоносного горизонту [20]. У разі аномально великого живлення зверху підйом рівня ґрунтових вод відбувається швидко, а подальше його зниження після встановлення нормальних кліматичних умов відбувається дуже повільно, особливо в холодні часи року. Це особливо негативно впливає на технологію та строки вирощування сільськогосподарських культур, що є дуже важливим для мешканців селища. Тому виникає необхідність вирішення двоєдиного завдання: зниження рівня ґрунтових вод та швидкий відвід поверхневого стоку. Вертикальний дренаж за своїми конструктивними та експлуатаційними особливостями може вирішити лише зняття напірного живлення ґрунтових вод, але за доволі великий проміжок часу (декілька місяців) [19]. А живлення зверху в змозі швидко мінімізувати лише система горизонтального дренажу в комплексі з системою відводу поверхневих вод.

Селище Нова Маячка є одним із найбільших сільських населених пунктів України. Його площа становить близько 2000 га, населення – 7,5 тис. мешканців. На планах селище має компакту колоподібну форму діаметром близько 5 км і представлене системою паралельних вулиць, розташованих на відстані 0,5–1,5 км. Багато вулиць мають довжину до 5 км: Монастирська, Одеська, Садова, Дніпровська, Степова – у західній частині, Основська, Шевченка – у північно-східній.

Важливою особливістю селища є великі присадибні ділянки (до 0,2–0,4 га землі), більшість з яких інтенсивно використовується для вирощування ранніх овочів (картопля, редис, морква, перець, баклажани, капуста, салати, кріп). При цьому широко застосовується зрошення. Практично кожна садиба в селищі має водозабірну свердловину або колонку, поливну систему, технологію вирощування культур. Практикується вирощування двох-трьох врожаїв на рік. Довкола селища розташовані сільськогосподарські угіддя, які також використовують для вирощування на зрошенні моркви, цибулі, ягід, капусти та інших культур.

Останніми роками (2015–2020 рр.) знайшли широке застосування системи краплинного зрошення. Орієнтовна зрошувальна норма в населених пунктах та прилеглих до них землях може становити близько 10 тис. м³/га. Для зрошення широко використовуються підземні води, дренажний стік систем вертикального дренажу, води Північно-Кримського каналу.

За результатами опрацювання космознімків площа зрошення в населеному пункті становить понад 1000 га, а на його околицях понад 2000 га.

Для захисту населеного пункту від шкідливої дії вод у селищі Нова Маячка побудовано систему вертикального дренажу на площі близько 946 га. За розташуванням дренаж систематичний. Система складається із 20 водопонижуючих свердловин, розміщених відносно рівномірно на площі. Відстань між свердловинами становить від 500 до 1300 м, радіус впливу – близько 500 м, площа дренажу однією свердловиною – 78,5 га, глибина – 26 м. Свердловини безфільтрові з обсадними колонами із сталевих труб діаметром 377–529 мм, оснащені зануреними електричними насосами марки ЕЦВ-12–375–30.

Дренажний стік на системі відводиться за допомогою мережі напірних трубопроводів діаметрами до 400–1000 мм та загальною протяжністю близько 17 км. Водоприймачем слугує Північно-Кримський канал на пікеті 259. У місці скидання стоку обладнано дренажне гирло з кам'яним накидом для гасіння потоку води (рис. 1).

Незважаючи на тривалу багаторічну експлуатацію (майже 60 років), технічних стан основних елементів дренажної системи залишається задовільним. Майданчики водозабірних свердловин мають доглянутий вигляд, оснащені інформаційними стендами з даними про параметри дренажу та написами про належність до державної власності. На майданчиках знаходяться капітальні експлуатаційні будиночки з трансформаторами, залізобетонні оглядові колодязі, під'їзні дороги з твердим покриттям, спостережні свердловини для вимірювання глибин залягання ґрунтових вод у четвертинних та пліоценових водоносних горизонтах.

Результати дослідження та їх обговорення. У природних умовах ґрунтова вода в селищі залягала на глибинах 4–5 м (1954 р.). Після створення Каховського водосховища в 1955 році та введення в експлуатацію магістрального каналу і зрошення на Краснознам'янській зрошувальній системі в 1958 році протягом кількох років днища знижень виявились підтопленими, ґрунтова вода з'явилась біля поверхні землі [3; 17]. Так, за даними Укрдипроводгоспу, 6 серпня 1960 р. на розі вулиць Садова та Дніпровська рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині 1,5 м.

Неминуче підтоплення території селища у зв'язку з будівництвом Каховської ГЕС засвідчив прогноз Ленінградського інституту



Рис. 1. Дренажне гирло на Північно-Кримському каналі на пікеті 259 (14.12.2019 р.)

ім. Веденеєва, згідно з яким у Новій Маячці відмітки ґрунтових вод встановляться на позначках 0,2–6,5 м і нижні частини території будуть підтоплені [21].

Для району дослідження ведучим фактором поліпшення гідрогеолого-меліоративної обстановки став вертикальний дренаж. Для селища Нова Маячка формування системи захисту на базі дренажу мало тривалу історію та складний шлях. У різний час на об'єкті пройшли експериментальну перевірку різні типи і види дренажу: горизонтальний з променевою схемою розташування дрен (1960–1962 рр.), вертикальний з розташуванням водозабірних свердловин при різних відстанях (кроках) між ними і глибинами їх закладання (1962–1967 рр.).

Променевий дренаж був побудований в 1962 році в центральній частині селища і представлений водозабірною шахтою глибиною 18 м та діаметром 7 м. У нижній частині шахти розміщені гирла променевих дрен, насоси для відкачування дренажного стоку та вузол управління роботою насосів. Променеві дрени у плані розміщуються радіально і характеризуються довжиною 180 м, глибиною закладання – близько 16 м. Для відкачування води під час будівництва на ділянці споруджено ставок-накопичувач. Згідно з проектом передбачалось улаштування 12 променів, але на практиці вдалось реалізувати лише 2.

Система вертикального дренажу в селищі будувалась у 1962–1967 рр. У 1962 р. для захисту селища від підтоплення збудовано 5 дренажних свердловин [2; 5; 23]. Це була перша ділянка дренажу на Краснознам'янському масиві зрошення. У 1967 р. введено в експлуатацію систему із загальною кіль-

кістю 19 свердловин. У 2004 році збудована свердловина менш глибокого закладання (19 м), яка була підключена до існуючого напірного трубопроводу.

Система захисту від підтоплення в селищі функціонувала в умовах як стабільної, так і недостатньої роботи вертикального дренажу. Сумарний дебіт свердловин формувався залежно від кількості одночасно працюючих свердловин і в різні періоди коливався в межах 100–1175 л/с. На початку експлуатації питомий дебіт окремих свердловин (наприклад свердловина № 16) досягав близько 17 л/с. Мінералізація стоку становила 0,27–0,29 г/дм³.

В умовах стабільної роботи свердловин вертикальний дренаж забезпечував досягнення на території селища середньозваженої глибини залягання рівня ґрунтових вод 2,9–3,1 м проти 1,6 м до початку роботи дренажу або в умовах недостатньої роботи [2; 7]. З 1972 р., після введення в експлуатацію систем вертикального дренажу на прилеглих територіях, можливості впливу на розвиток процесів підтоплення істотно підвищились.

За результатами досліджень за останні 20 років [2; 3; 5; 12; 23] істотно ускладнилась гідрогеолого-меліоративна ситуація як у селищі, так і на прилеглих територіях. Ґрунтові води поступово стали перевищувати рівень критичних глибин, сформувався загрозливий позитивний тренд їхнього підвищення і вторинного підтоплення територій (рис. 2).

Водно-екологічна ситуація в селищі істотно загострювалась у вологі періоди (рис. 3). Під час інтенсивних злив та сніготанення зазнають періодичного затоплення будинки, підвали, гаражі, теплиці тощо. Надзвичайні

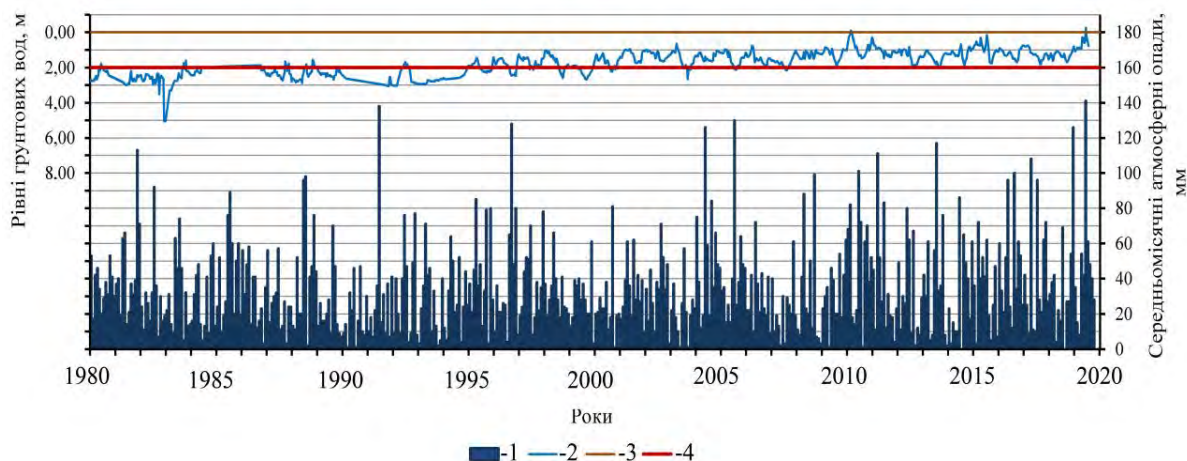


Рис. 2. Глибина залягання рівня ґрунтових вод (спостережна свердловина № 76):
 1 – атмосферні опади; 2 – РГВ; 3 – поверхня землі; 4 – критична глибина РГВ

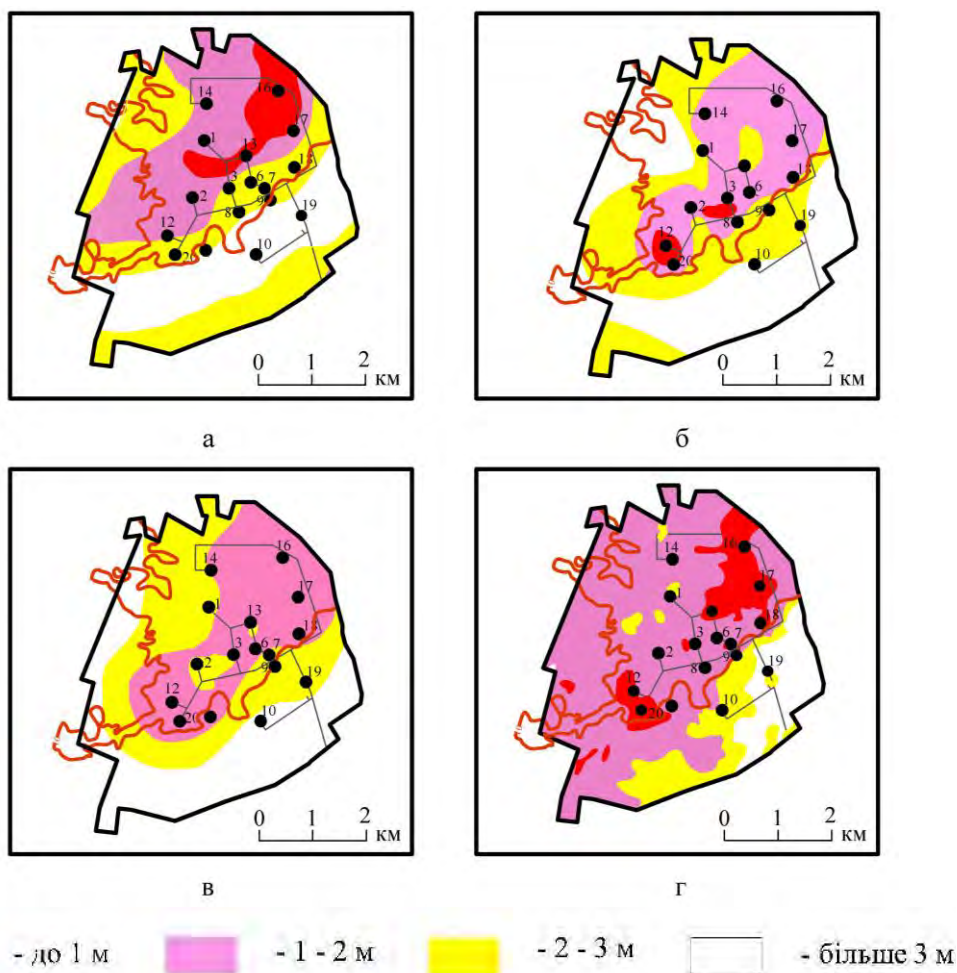


Рис. 3. Карта глибин залягання рівнів ґрунтових вод на території селища:
 а, б, в, г – у 1991, 1998, 2006, 2018 рр. відповідно

та кризові підтоплення спостерігались 1–31 січня 1998 р., 15–17 лютого 2005 р., 1–5 березня 2010 р., у червні 2012 р., 6–8 квітня та 7 липня 2015 р., 14–15 квітня та

4–6 червня 2019 р. [2; 3; 5; 8; 10; 12; 18; 23].
 Наявна система вертикального дренажу не здатна забезпечити надійний захист селища від підтоплення та затоплення.

Підтвердженням цього стало моделювання роботи вертикального дренажу за допомогою системи «MODFLOW», проведене фахівцями Херсонського державного аграрного університету [10]. Результати досліджень засвідчили, що при нестаціонарному режимі роботи свердловини № 8 у селищі Нова Маячка спостерігаються значні витрати енергетичних ресурсів на зниження напору в пліоценовому водоносному горизонті і незначне (до 0,8 м) зниження рівня ґрунтових вод за період роботи свердловини протягом року і більше. Натомість, більш доцільним за таких умов є використання горизонтального дренажу, який при відстані між дренами 100 і 200 м забезпечує зниження рівня ґрунтових вод на 0,6–1,4 м при модулях дренажного стоку, які у 2–5 разів менші, ніж на системі вертикального дренажу (0,11–0,32 дм³/с·га проти 0,7).

Сучасний розвиток процесів підтоплення та

затоплення територій селища вимагає розроблення та реалізації більш ефективної системи захисту, яка передбачає відновлення та модернізацію існуючого дренажу, самопливного відведення поверхневих вод, удосконалення режиму експлуатації та зменшення фільтрації з Північно-Кримського каналу, застосування новітніх водозберігаючих систем зрошення, використання підземних вод для поливів [9; 18].

Для захисту селища Нова Маячка від підтоплення та затоплення розроблено комплекс заходів, який передбачає відновлення існуючого вертикального дренажу, будівництво системи горизонтального дренажу і відведення поверхневого стоку, улаштування напірного трубопроводу або регіонального самопливного колектора [14; 15]. Для інтенсифікації відведення поверхневих і ґрунтових вод за межі селища авторами запропонована дренажна система комбінованого типу (рис. 4).

Система захисту представлена відкритим

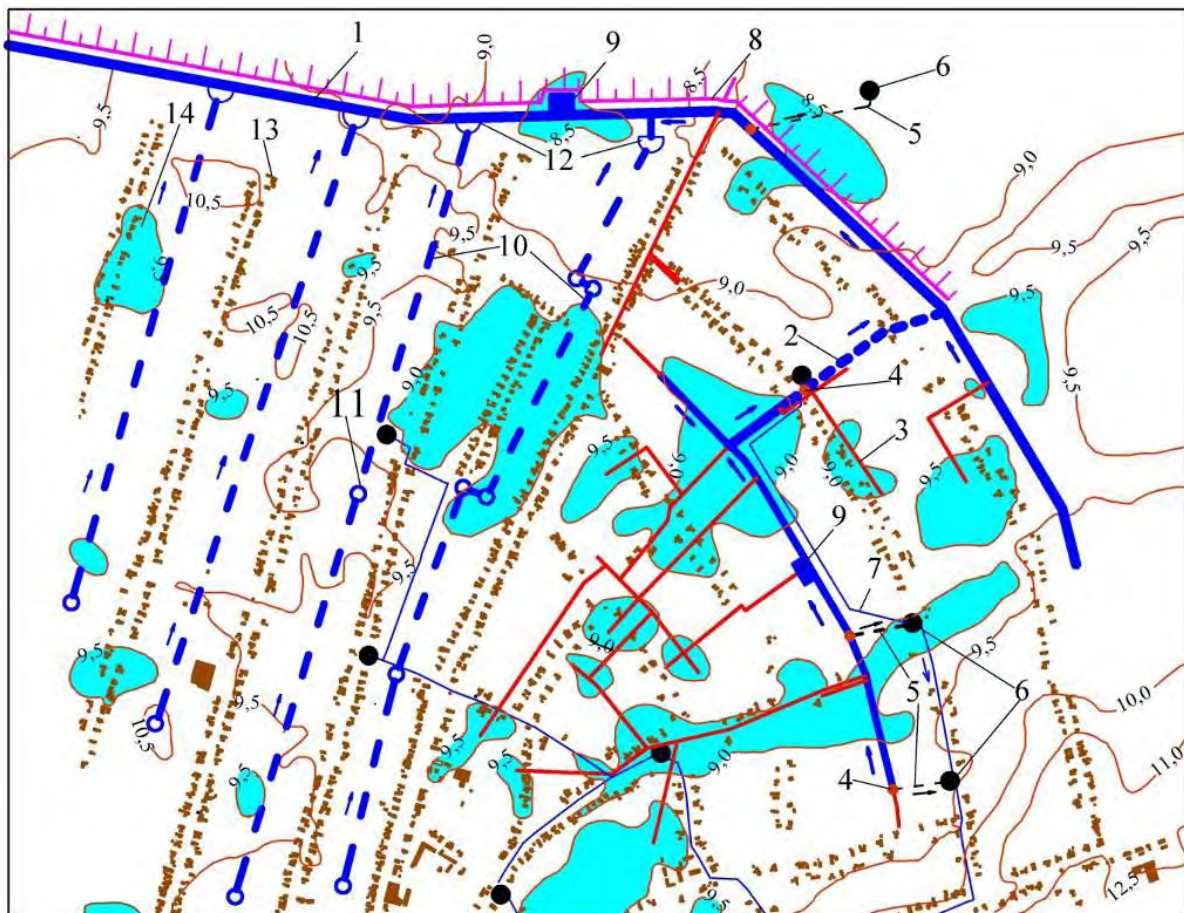


Рис. 4. Дренажна система з вертикальним і горизонтальним дренажем:
 1 – відкритий головний колектор; 2 – закритий головний колектор; 3 – водовідвідні канали, кювети; 4 – водозабірний вузол; 5 – закрыта горизонтальна дрена; 6 – свердловини вертикального дренажу; 7 – напірний трубопровід; 8 – водозахисний вал; 9 – штучні водойми-накопичувачі; 10 – дренажний колектор; 11 – оглядові колодязі; 12 – дренажне гирло; 13 – житлові будинки і господарські будови; 14 – ймовірні зони затоплення

колектором, водовідвідними канавами, закритими горизонтальними дренами, існуючими або новими свердловинами вертикального дренажу, штучними водоймами та водозахисним валом на межі населеного пункту [14]. Під час випадіння великої кількості атмосферних опадів або сніготанення поверхневий стік перехоплюється водовідвідними канавами та акумулюється відкритим колектором і штучними водоймами. Із колектора за допомогою водозабірної вузла і горизонтального дренажного трубопроводу стік потрапляє до свердловин вертикального дренажу. Далі за допомогою насосів вода перекачується по напірному трубопроводу за межі безстічного зниження. Система закритого горизонтального дренажу і колекторів підтримує рівні ґрунтових вод нижче критичних відміток, а водозахисний вал захищає територію населеного пункту від притоку поверхневих вод із прилеглих територій.

Водовідведення дренажно-скидних вод у свердловини вертикального дренажу здійснюється за допомогою самопливних горизонтальних дренах і водозабірних вузлів, розташованих на відкритих колекторах (рис. 5). Водозабірні вузли запропоновано влаштувати на дні колектора у вигляді спіралеподібної конструкції. За умови забруднення стоку вузол покривається піщано-гравійним або полістирольним фільтром та геотекстильною покрівлюю смугою. Для поліпшення поглинання поверхневих вод, які можуть накопичуватись у зниженнях рельєфу, після будів-

ництва системи та введення її в експлуатацію передбачається улаштування водопоглинальних колонок у найнижчих місцях шляхом розробки траншей екскаватором із подальшою засипкою щебенем.

В якості водоприймача поверхневих і дренажних вод запропоновано: улаштування ставка-накопичувача з використанням дренажних вод на зрошення, перекачку дренажного стоку по напірному трубопроводу в Північно-Кримський канал або на поля фільтрації, відведення стоку в річку Дніпро за допомогою системи самопливних дренажних колекторів тощо. Підключення горизонтального дренажу до вертикального успішно застосовані в сільських населених пунктах Херсонської області: Новомихайлівка, Громівка, Сергіївка, Новопокровка Новотроїцького району, Придорожнє Генічеського району, Олександрівка Каланчацького району [9].

Висновки. Існуюча система захисту селища Нова Маячка Олешківського району Херсонської області, яка представлена вертикальним дренажем, не забезпечує необхідного зниження рівня ґрунтових вод через зменшення ефективності його роботи та збільшення водного навантаження на територію за рахунок зростання кількості атмосферних опадів та площ зрошення.

Систематичний вертикальний дренаж глибиною 26 м та відстанню між свердловинами 500–1300 м забезпечував залягання рівня ґрунтових вод на глибинах 0–2 м. У вологі

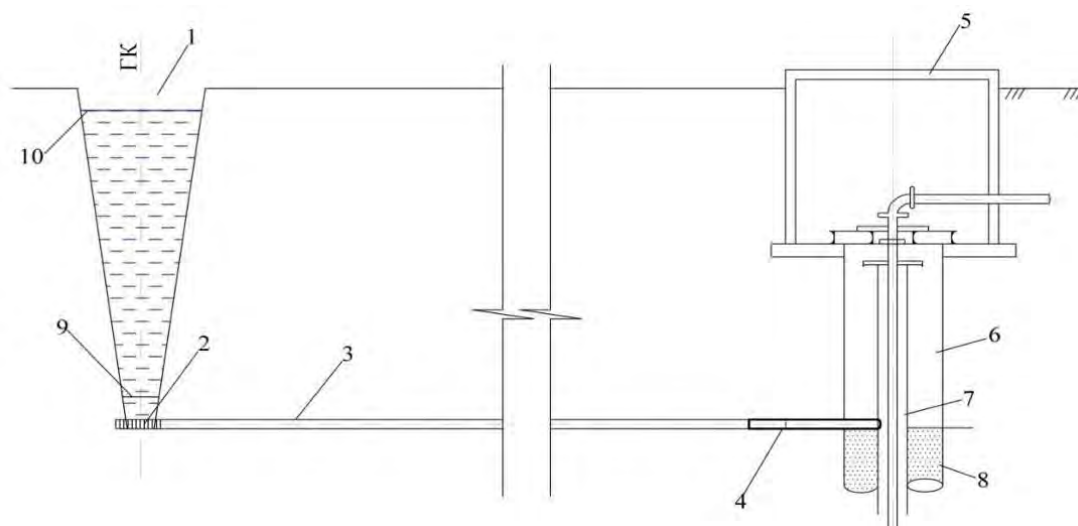


Рис. 5. Конструкція дренах та їх врізки у свердловину вертикального дренажу: 1 – головний колектор (осушувальний канал); 2 – водозабірний вузол; 3 – закриті горизонтальні дрена; 4 – сталеві труби; 5 – свердловина вертикального дренажу; 6 – кондуктор (1020x10 мм); 7 – фільтрова колона (325x7 мм); 8 – піщана обсіпка; 9, 10 – побутовий рівень та форсований (максимальний) рівень води в каналі

періоди на фоні дренажу спостерігались затоплення безстічних територій. Останнім часом на території селища сформувався тренд підйому рівнів ґрунтових вод вище критичних глибин. Дренаж за своїми конструктивними особливостями та призначенню не ліквідує затоплення територій поверхневими водами.

Запропоновано комплекс заходів для

Бібліографія

1. Абрамов И.Б., Звягинцева Н.А., Черненко С.А. Формирование гидрогеолого-мелиоративной обстановки в зоне Северо-Крымского канала на территории Херсонской области // Сб. науч. тр: Формирование гидрогеолого-мелиоративных условий на орошаемых и осушаемых землях. Киев: УкрНИИГиМ, 1983. С. 34–42.
2. Бабіцька О.А. Ефективність систем інженерного захисту від підтоплення самопливного та примусового типу та напрями їх удосконалення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 06.01.02 «Сільськогосподарські меліорації». Київ, 2010. 21 с.
3. Бахтіярова Л.І. Причини та наслідки меліорації в північному Причорномор'ї: дренажні системи // Вісник Одеського національного університету: Географічні та геологічні науки. 2014. Вип. 2. С. 80–100.
4. ВСН 33-2.2.03-86. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования. Москва. 1987. 115 с.
5. Грановська Л.М., Жужа П.В. Теоретичне обґрунтування інженерних заходів з боротьби зі шкідливою дією вод на території смт Нова Маячка Цюрупинського району Херсонської області // Зрошуване землеробство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: Грінь Д.С., 2015. Вип. 64. С. 79–82.
6. Заморій П.К. Четвертинні відклади Української РСР. Частина 1. Київ: Видавництво Київ. університету, 1961. 550 с.
7. Инженерно-геологическое обоснование мелиоративного строительства / Баер Р. А. и др. Под ред. Р.А. Смирнова. Киев: Будівельник, 1978. 200 с.
8. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
9. Методические рекомендации по расчетам защиты территорий от подтопления в зоне орошения / Олейник А.Я., Кремез В.С. и др. Киев: Укргипроводхоз, 1986. 392 с.
10. Мірошніченко О.І., Жужа В.В. Аналіз роботи дренажу в межах терасово-дельтової долини Дніпра та перспективи його подальшого використання // Зб. матеріалів Міжнарод. наук.-практ. конф.: Екологічні проблеми природокористування та охорони меліоративних ландшафтів. Херсон: ВРР «Колос», 2012. С. 198–202.
11. Молодых И.И. Грунты подов и степних блюдец субаэрального покрова Украины (гидрогеологические и инженерно-геологические особенности). Киев: Наук. думка, 1982. 160 с.
12. Морозов В.В., Головащенко В.М. Ефективність гідротехнічних заходів із захисту від підтоплення смт Нова Маячка Херсонської області // II Всеукраїнська наук.-практ. конф. мол. вчених: Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє. Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 111–114.
13. Муромцев Н.Н., Блохина Н.Н., Драчинская Э.С. Оценка гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых земель / Киев: Урожай, 1991. 120 с.
14. Патент України на корисну модель № 128616 Дренажна система / Д.П. Савчук, О.А. Бабіцька, І.В. Котикович, О.І. Харламов. Бюл. №18 від 25.09.2018.
15. Патент України на корисну модель № 56753 Дренажна система / Д.П. Савчук, О.А. Бабіцька. Бюл. № 2 від 25.01.2011.
16. Перехрест С.М. Орошение земель юга Украины. Киев: Изд-во АН УССР, 1962. 275 с.
17. Перехрест С.М., Гогун В.Л. О мерах борьбы с повышением уровня грунтовых вод на Краснознаменском орошаемом массиве // Гидротехника и мелиорация. №11. 1968. С. 48–56.
18. Ромашенко М.І., Савчук Д.П. Підтоплення Півдня України: причини та запобіжні заходи // Водне господарство України. 1998. №5–6. С. 6–12.
19. Рябцев М.П. Зависимость эффективности вертикального дренажа от стабильности работы дренажных насосных станций // Водне господарство України. 2010. № 5. С. 9–13.
20. Рябцев М.П. Подтопление и затопление территорий населенных пунктов – проблемы,

требующие комплексного решения // Сб. Мелиорация і водне господарство, Київ: Аграрна наука, 2005, вип. 92, С. 173–182.

21. Сербин А.М., Захарова В.Я. Об изменениях гидрогеолого-мелиоративной обстановки на Краснознаменском массиве орошения и результатах применения вертикального дренажа на системе / Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. Выпуск II. Москва: 1972. С. 400–407.

22. Смирнов Р.А. Некоторые вопросы проектирования мелиорации в орошаемой зоне юга Украины // Сб.: Водное хозяйство. Вып. 5. Киев: Урожай, 1966. С. 82–91.

23. Харламов О.І. Ризики підтоплення та шляхи їх зменшення в зоні зрошення Північно-Кримського каналу // Мелиорация і водне господарство. 2018. Вип. 2(108). С. 47–51.

References

1. Abramov, I.B., Zviahyntseva, N.A., & Chernenko, S.A. (1983). Formyrovanye hydroheolohomelyoratyvnoi obstanovky v zone Severo-Krymskoho kanala y terrytoryy Khersonskoi oblasti [Formation of a hydrogeological-meliorative situation in the zone of the North-Crimean Canal and the territory of the Kherson region] Sb. nauch. tr. UkrNYHyM. Kyiv: Urozhai, 34–42. [in Russian]

2. Babitska, O.A. (2011). Efektivnist' sistem inzhinernogo zahistu vid pidtoplenia samoplyvnogo typu ta prymusovogo typu ta napriamy iih udoskonaleniya. [Efficiency of systems of engineering protection against flooding of self-propelled and forced type and directions of their improvement]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv. [in Ukrainian]

3. Bakhtiiarova, L.I. (2014). Prychyny ta naslidky melioratsii v pivnichnomu Prychornomor'i: drenazhni systemy [Causes and effects of reclamation in the northern Black Sea: drainage systems]. Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu: Heohrafichni ta heolohichni nauky, Vyp. 2. [in Ukrainian]

4. Meliorativnyye sistemy i sooruzheniya. Drenazh na oroshayemykh zemlyakh. Normy proyektirovaniya. (1987). [Reclamation systems and facilities. Drainage on irrigated lands. Design Standards]. VSN 33-2.2.03-86. Moskva. [in Russian]

5. Granovska, L., & Zhuzha, P. (2015). Teoretychne obhruntuvannia inzhenernykh zakhodiv z borot'by zi shkidlyvoiu diieiu vod na terytorii smt Nova Maiachka Tsiurupyns'koho raionu Khersons'koi oblasti [Theoretical substantiation of the engineering measures to control harmful water effect on the territory of the urban-type settlement of Nova Maiachka, Tsiurupynsk Raion, Kherson oblast]. Tavriys'kyi naukovy visnyk, Kherson: Grin' D.S., 64, 79–82. [in Ukrainian]

6. Zamorij, P.K. (1961). Chetvertynni vidklady Ukrayinskoyi RSR. [Quaternary deposits of the Ukrainian SSR] Chastyna 1. Kyiv: Vydavnytstvo Kyiv. universytetu, 550 p. [in Ukrainian]

7. Baer R.A., Gryza, A.A., Lyutaev, V.V., & Smirnov, R.A. (1978). Inzhenerno-geologicheskoe obosnovanie meliorativnogo stroitelstva [Engineering and geological substantiation of reclamation construction]. Kiev: BudIvelnik. [in Russian]

8. Lipinskyi, V.M., Diachuk, V.A., & Babichenko, V.M. (2003). Klimat Ukrainy [The climate of Ukraine]. Kyiv: Vydavnytstvo Raievs'koho. [in Ukrainian]

9. Oleunik, A.Ia. et al. (1986). Metodicheskie rekomendacii po raschetam zashchitu territorii ot podtopleniia v zone orosheniia. [Methodical recommendations on calculations of protection of territories from flooding in the irrigation zone]. Kyiv: Minvodhoz USSR, Instytut Hidromehaniki AN USSR, Ukgiprovdokhoz. [in Russian]

10. Miroshnychenko, O.I., & Zhuzha, V.V. (2012). Analiz roboty drenazhu v mezhax terasovo-del'tovoyi dolyny Dnipra ta perspektyvy jogo podal'shogo vykorystannya. [Analysis of drainage operation within the terrace-delta valley of the Dnieper and prospects for its further use]. Zb. materialiv Mizhnarod. nauk.-prakt. konf.: Ekologichni problemy pryrodokorystuvannya ta oxorony melioratyvnyh landshaftiv. Kherson: VRR «Kolos», 198–202. [in Ukrainian]

11. Molodyh, I.I. (1982). Grunty podov y stepnykh bliudets subaeralnogo pokrova Ukrainy (gydroheolohycheskye y inzhenerno-geolohycheskye osobennosti) [Soil pods and steppe saucers of the subaerial cover of Ukraine (hydrogeological and engineering-geological features)]. Naykova dymka. [in Russian]

12. Morozov, V.V., & Golovashchenko, V.M. (2019). Efektyvnist' gidrotexnichny'h zakhodiv iz zaxystu vid pidtoplennya smt Nova Mayachka Khersons'koyi oblasti. [The effectiveness of hydraulic measures to protect against flooding Nova Mayachka village of Kherson region]. II Vseukrayins'ka nauk.-prakt. konf. mol. vchenyh: Hidrotehniche budivnytstvo: mynule, sгодennya, majbutnye. Kherson: DVNZ «KhDAU», 111–114. [in Ukrainian]

13. Muromtsev, N.N., Blohina, N.N., & Drachinskaya, E.S. (1991). Otsenka gidrogeologo-me-

liorativnogo sostoyaniya oroshaemyih zemel. [Assessment of the hydrogeological and reclamation condition of irrigated lands]. Kiev: Urozhay. [in Russian]

14. Savchuk, D.P., Babitska, O.A., Kotykovych, I.V., & Kharlamov, O.I. (2018). Drenazhna systema [Drainage system]. Patent of Ukraine. №128616.

15. Savchuk, D.P., & Babitska, O.A. (2011). Drenazhna systema [Drainage system]. Patent of Ukraine. №56753.

16. Perehrest, S.M., & Gogun, V.L. (1968). O merah borbyi s povyisheniem urovnya gruntovyih vod na Krasnoznamenskom oroshaemom masive. [On measures to combat the rise in the level of groundwater in the Krasnoznamensk irrigated massif]. Gidrotehnika i melioratsiya, 11, 48–56. [in Russian]

17. Perehrest, S.M. (1962). Oroshenie zemel yuga Ukrainyi. [Irrigation of lands in the south of Ukraine]. Kiev: Izd-vo AN USSR. [in Russian]

18. Romashchenko, M.I., & Savchuk, D.P. (1998). Pidtoplennia Pivdnia Ukrainy: prychny ta zapobizhni zakhody [Flooding of the South of Ukraine: Causes and Precautions]. Kiyv. Vodne gospodarstvo Ukrainu, Iss. 5–6, 6–12. [in Ukrainian]

19. Ryabtsev, M.P. (2010) Zavisimost effektivnostivertikalnogo drenazha ot stabilnosti raboty drenazhnyih nasosnyih stantsiy [Dependence of the efficiency of vertical drainage on the stability of the drainage pumping stations]. Vodne gospodarstvo Ukrainu. №5. P. 9–13. [in Russian]

20. Ryabtsev, M.P. (2005) Podtoplenie i zatoplenie territoriy naseleennyih punktov – problemy, trebuyushchie kompleksnogo resheniya [Flooding and flooding of populated areas – problems requiring a comprehensive solution]. Sb. Melioratsiya i vodne gospodarstvo, Kiyv: Agrarna nauka, vip. 92, P. 173–182. [in Russian]

21. Serbin, A.M., & Zaharova, V.Ya. (1972). Ob izmeneniyah gidrogeologo-meliorativnoy obstanovki na Krasnoznamenskom masive orosheniya i rezultatah primeneniya vertikalnogo drenazha na sisteme. [On changes in the hydrogeological-reclamation situation on the Krasnoznamensk irrigation array and the results of the use of vertical drainage on the system]. Materialy mezhdvedomstvennogo soveshaniya po meliorativnoy gidrogeologii i inzhenernoy geologii. Vyipusk II. Moskva, 400–407. [in Russian]

22. Smirnov, R.A. Nekotorye voprosy proektirovaniya melioratsii v oroshaemoy zone yuga Ukrainy [Some questions of the design of land reclamation in the irrigated zone of the south of Ukraine]. Sb.: Vodnoe hozyaystvo. Vyp. 5, 82–91. [in Russian]

23. Kharlamov, O.I. (2018). Ryzyky pidtoplennya ta shlyakhy yikh zmenshennya v zoni zroshennya Pivnichno-Kryms'koho kanalu. [Chance of flooding and way of their decrease in a zone of an irrigation of the North Crimean canal]. Melioratsiya i vodne gospodarstvo, 2(108), 47–51. [in Ukrainian]

**М.И. Ромащенко, Д.П. Савчук, А.Н. Шевченко, Е.А. Бабицкая,
М.П. Рябцев, А.И. Харламов, И.В. Котикович**

Защита поселка Новая Маячка Алёшковского района Херсонской области от вредного воздействия вод

Аннотация. Рассмотрены система защиты от вредного воздействия вод, условия ее функционирования, глубины залегания и динамика колебания уровней грунтовых вод (УГВ) на территории поселка Новая Маячка Алёшковского района Херсонской области. Защита поселка от вредного воздействия воды осуществляется с помощью системы вертикального дренажа, которая относительно равномерно размещена на площади. Расстояние между скважинами составляет 0,5–1,5 км, глубина – 27 м. Забор воды осуществляется преимущественно из основного неогенового водоносного горизонта в карбонатной толще. Эффективность системы вертикального дренажа находилась в зависимости от режима его эксплуатации и технического состояния водозаборных скважин и насосно-силового оборудования. В условиях стабильной работы вертикальный дренаж обеспечивал достижение на территории поселка средневзвешенной глубины залегания грунтовых вод 2,9–3,1 м. За последние 20 лет водно-экологическая ситуация существенно ухудшилась – наблюдался положительный тренд поднятия УГВ и формирование устойчивого подтопления территории. Грунтовые воды залегают на глубинах 1–2 м. Во влажные периоды поселок подвергается периодическим затоплениям. Современное развитие процессов подтопления и затопления территорий поселка требует разработки и реализации более эффективной системы защиты. На основе проведенных исследований и современных подходов к защите территорий от проявления вредного воздействия вод обоснована система мероприятий для предотвращения и минимизации подтопления в условиях сложных природных и водохозяйственных условий поселка, которая включает вертикальный и горизонтальный дренаж, аккумуляционные водоемы, водоудерживающий вал и водоприемник. Предложена система защиты поселка от вредного воздействия вод, которая предусматривает устройство системы горизонтального дренажа с самотечным водо-

отведением или откачкой дренажного стока за пределы населенного пункта в Северо-Крымский канал или р. Днепр.

Ключевые слова: горизонтальный и вертикальный дренаж, уровень грунтовых вод, подтопление, затопление, замкнутые понижения

**M.I Romashchenko, D.P. Savchuk, A.M. Shevchenko, O.A. Babitska,
M.P. Ryabtsev, O.I. Kharlamov, I.V. Kotykovych**

**Protection of Nova Mayachka village of Oleshky district
in Kherson region against the harmful effects of water**

Abstract. *The protection system against the harmful effects of water, the conditions of its functioning, groundwater levels (GWL) depths and their fluctuation dynamics in the village of Nova Mayachka of Oleshky district in Kherson region were studied. The village is protected against the harmful effects of water by means of a vertical drainage system, which is relatively evenly distributed in the area. The distance between the wells is 0,5–1,5 km, depth – 27 m. Water intake is carried out mainly from the main Neogene aquifer in the carbonate stratum. The efficiency of the vertical drainage system depended on the mode of its operation and the technical condition of water intake wells as well as on the pumping and power equipment. Under conditions of stable operation, the vertical drainage provided a weighted average groundwater depth of 2,9–3,1 m in the village. Over the past 20 years, the water-ecological situation has significantly deteriorated – GWL has tended to a rise and sustainable flooding has taken place. Groundwater is usually at the depths of 1-2 m. In wet periods, the village is affected by periodic flooding. Current development of flooding and underflooding in the village requires the development and implementation of a more effective protection system. Based on the research and modern approaches to protecting areas against the harmful effects of water, a system of measures to prevent flooding and minimize underflooding in the village, which includes a proper operation of vertical and horizontal drainage and construction of accumulating reservoirs, water-retaining embankment and water intake was substantiated. The protection system against the harmful effects of water is proposed, which provides for the installation of a horizontal drainage system with free-flowing water removal or pumping of drainage runoff outside the village into the North Crimean Canal or the Dnieper River.*

Key words: horizontal and vertical drainage, groundwater level, flooding, underflooding, closed depressions.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-255>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/255>

УДК 581.526.325 (282.247.32)

«ЦВІТІННЯ» ВОДИ В КАМ'ЯНСЬКОМУ ВОДОСХОВИЩІ

В.І. Вишневський¹, докт. геогр. наук, І.М. Москвіна²

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;

<https://orcid.org/0000-0002-2900-1598>; e-mail: vishnev.v@gmail.com;

² Коомунальне підприємство “Аульський водовід”, смт Аули, Україна; e-mail: aulxbl@i.ua

Анотація. За даними спостережень на господарсько-питному водозаборі в Кам'янському водосховищі в смт Аули встановлено основні закономірності «цвітіння» води. Забір води тут виконується з глибини 8–9 м, що приблизно відповідає середині максимальних глибин. Встановлено, що чисельність водоростей в одиниці об'єму дуже велика – істотно більша, ніж на водозаборі Дніпровської водопровідної станції (ДВС), що розташований у нижньому б'єфі Київської ГЕС. В окремих випадках вона може перевищувати 1000 млн в 1 дм³. Упродовж досліджуваного періоду зафіксовано зменшення кількості водоростей, насамперед, починаючи з 2018 р. Найбільша кількість водоростей в одиниці об'єму спостерігається у вересні, тобто пізніше, ніж у поверхневому шарі води. Найбільшу кількість водоростей зафіксовано у вересні 2010 і вересні 2014 рр. Наведено чинники, які сприяли розвитку водоростей у цей час. Такими чинниками насамперед були висока температура повітря і води, а також невелика хмарність. Деяке запізнення існує і щодо змін погодних умов. З червня по листопад домінують на водозаборі в смт Аули є синьо-зелені водорості, частка яких у серпні–жовтні сягає 95–99%. З грудня по квітень домінують є діатомові водорості. Частка зелених водоростей найбільша влітку, проте вона звичайно не перевищує 2–3% загальної кількості. Значний розвиток водоростей у Кам'янському водосховищі підтверджено даними дистанційного зондування Землі. За супутниковими даними встановлено, що в цьому водосховищі найбільше «цвітіння» спостерігається саме в тій його частині, де розташований водозабір. Показано залежність «цвітіння» води від гідрометеорологічних умов, зокрема напрямку вітрових течій. Домінування північно-східного вітру над Кам'янським водосховищем у літній період зумовлює нагін води до водозабору, що супроводжується зростанням чисельності клітин водоростей в одиниці об'єму.

Ключові слова: «цвітіння» води, Кам'янське водосховище, гідрометеорологічні умови.

Актуальність дослідження. «Цвітіння» води – поширене явище у дніпровських водосховищах, яке перебувало і продовжує перебувати в полі зору багатьох дослідників [1–13]. Актуальність відповідних досліджень зумовлена тим, що «цвітіння» позначається на якості води. Особливо це важливо за потреби використання дніпровської води для пиття. Це, зокрема, стосується основного водозабору міст Дніпро та Кам'янське, який влаштовано на Кам'янському водосховищі в смт Аули.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Складність виконання польових досліджень на дніпровських водосховищах зумовлює те, що останнім часом вони переважно виконуються у зоні виклинування Канівського водосховища – насамперед фахівцями Інституту гідробіології НАНУ [6–11]. Важливим результатом досліджень є встановлення основних закономірностей розвитку цього явища. Зокрема встановлено факт зменшення чисельності клітин і біомаси водоростей з глибиною – передусім у літній період [11]. Крім того, з'ясовано сезонні особливості «цвітіння» та

вплив деяких чинників, зокрема температури води. Окремі результати щодо розвитку водоростей висвітлено у [1; 3] за даними моніторингу на Дніпровській водопровідній станції (ДВС). Встановлено що, найбільша кількість клітин водоростей спостерігається в серпні. Якісне оцінювання явища «цвітіння» води в межах всього Дніпровського каскаду з використанням дистанційного зондування Землі висвітлено у [2; 4; 5]. Це дозволило встановити просторово-часові закономірності досліджуваного явища. Зокрема з'ясовано, що найменше «цвітіння» властиве для Київського водосховища, найбільше – для Кременчуцького і Кам'янського. Заразом кількісні показники розвитку водоростей в Кам'янському водосховищі дотепер залишаються недостатньо вивченими.

Метою дослідження є з'ясування особливостей «цвітіння» води в Кам'янському водосховищі та визначення чинників, які сприяють цьому явищу.

Матеріал і методика досліджень. Основним джерелом для написання цієї

статті стали дані регулярних спостережень за «цвітінням» води на господарсько-питному водозаборі міст Дніпро та Кам'янське, який функціонує на Кам'янському водосховищі в смт Аули. Координати цього місця такі: 48°35'02" пн. ш. і 34°28'58" сх. д. Загалом прилегла частина водосховища є найглибшою. За 0,6–1,0 км його глибина сягає 16–17 м. Основну увагу приділено періоду 2009–2019 рр. (рис. 1).

Цінністю даних, що тут отримуються, є їх репрезентативність, адже зазначений водозабір розташований в нижній (пригребельній) частині водосховища з порівняно невеликим водообміном. До того ж він розташований на виступі берега, а не у глибині якоїсь затоки. Важливою є також значна повторюваність визначень. Проби води працівники хіміко-бактеріологічної лабораторії відбирають та аналізують щоденно за винятком вихідних і святкових днів. Ці проби відбирають зі значної глибини (8–9 м), а саме глибини забору води, яка за цим подається на водопровідну станцію. У кожній пробі визначають кількість клітин водоростей різних видів, які переважно належать до трьох систематичних груп: синьо-зелених, діатомових та зелених. На водозаборі в смт Аули, крім гідробіологічних, визначають також мікробіологічні, паразитологічні, санітарно-хімічні та радіологічні показники.

Авторами також зібрано та проаналізовано відомості про водність Дніпра, а також

погодні умови на метеостанції в м. Дніпро, що найближче розташована до місця водозабору.

Для аналізу «цвітіння» води також використано результати знімання поверхні Землі супутниками Aqua, Terra, Landsat, Sentinel, які є у відкритому доступі.

Результати дослідження та їх обговорення. Протягом досліджуваного періоду кількість клітин водоростей в одиниці об'єму води варіювала у значному діапазоні. Найбільша їх кількість, як разова, так і середньомісячна, спостерігалася у вересні. Істотно менша вона в серпні (рис. 2).

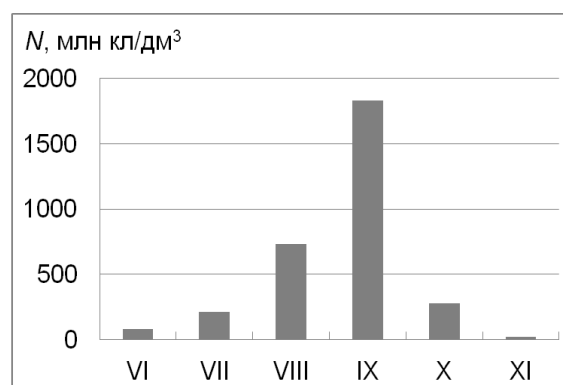


Рис. 2. Середньомісячна кількість клітин водоростей у Кам'янському водосховищі на водозаборі в смт Аули протягом 2009–2019 рр.

Отриманий результат різниться від того, який здобуто багатьма авторами на підставі аналізів проб, узятих у поверхневому шарі.

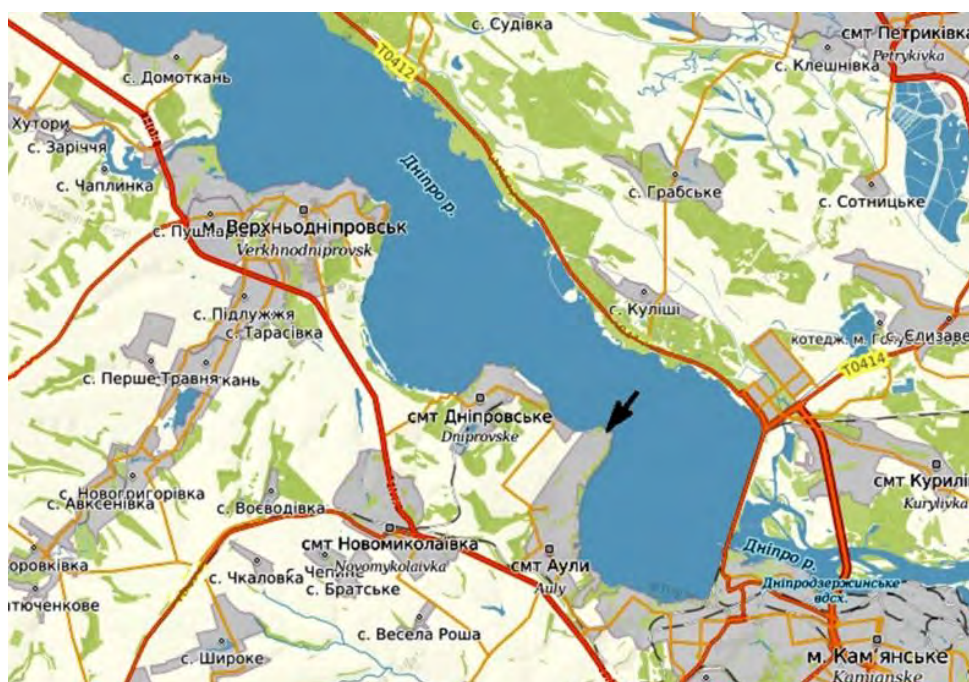


Рис. 1. Розташування господарсько-питного водозабору на Кам'янському водосховищі в смт Аули

Виявлений внутрішньорічний розподіл кількості клітин різняться і від того, яким він є на водозаборі ДВС, що розташований за 3,5 км нижче Київської ГЕС. На цьому водозаборі, де вода забирається з поверхневого шару, найбільша концентрація водоростей спостерігається в серпні, дещо менша – в липні [3].

З великою ймовірністю можна стверджувати, що пік чисельності клітин водоростей у вересні на водозаборі в смт Аули, де проби відбираються на глибині 8–9 м, пояснюється їх опусканням донизу відповідно до оптимальних умов перебування. У цей час відбувається зниження температури води в поверхневому шарі, а найвищою є температура на глибині в кілька метрів [1].

Важливо, що кількість клітин водоростей в одиниці об'єму в Кам'янському водосховищі дуже значна. Середня їх кількість у вересні протягом 2009–2019 рр. становила понад 1800 млн. в 1 дм³. Ця кількість майже в 40 разів більша, ніж на ДВС. За даними на ДВС, середня кількість клітин у серпні, коли вона найбільша, протягом того самого періоду становила 49 млн. в 1 дм³.

Істотно більший розвиток «цвітіння» води у Кременчуцькому та Кам'янському водосховищах, порівняно з Київським і Канівським, отримано і за даними попередніх досліджень [3–5, 10].

Протягом досліджуваного періоду спостерігалися значні коливання чисельності клітин у часі – з помітною тенденцією їх зменшення в останні роки (рис. 3).

Наведені дані свідчать про те, що найбільша кількість клітин водоростей у Кам'янському водосховищі в смт Аули спостерігалася в серпні 2009 р., а особливо в серпні–вересні 2010 р. За цим спостерігався лише один помітний пік у вересні 2014 р.

Щодо значного розвитку цвітіння в серпні–вересні 2010 р., то це значною мірою було

зумовлено аномальною спекою, яка насамперед спостерігалася в липні–серпні згаданого року. Зокрема в серпні 2010 р. середня температура повітря в м. Дніпро досягла рекордного значення за весь період спостережень – 25,8 °С. Високою тоді була і середня температура води. На посту Верхньодніпровськ вона становила 25,9 °С, на посту Кам'янське – 26,3 °С. В окремі дні температура води сягала 28 °С. Іншим сприятливим чинником для розвитку «цвітіння» води була невелика хмарність. У м. Дніпро в серпні 2010 р. загальна хмарність становила 3,7 балів. Водночас кількість опадів того місяця виявилася істотно меншою за норму – 12,1 мм. Зауважимо, що значне «цвітіння» в цей час спостерігалось і на водозаборі ДВС.

Вищою за звичайну була температура води в серпні і вересні 2014 р. Водночас важливим чинником збільшення кількості водоростей на водозаборі в смт Аули був домінуючий північний вітер, що разом з водою зганяв їх убік пригребельної частини водосховища. Невеликою в цей час була і хмарність: у серпні 2014 р. вона становила 3,9 балів, у вересні того року – 4,1 бали.

Вплив метеорологічних умов простежується і в окремих випадках зростання чи зменшення чисельності клітин водоростей. Наприклад помітне підвищення температури повітря і води відбулося на початку серпня 2017 р. Це відбилося і на кількості водоростей. Якщо 1 серпня їх кількість становила 70,6 млн/дм³, то 2 серпня – 120,4 млн., а 3 серпня – 240,6 млн. За цим чисельність набула більшої стабільності.

Цікаво порівняти отримані дані з даними супутникового знімання. Супутникові дані свідчать про те, що найбільше «цвітіння» води загалом властиве для Кременчуцького та Кам'янського водосховищ. У свою чергу, у самому Кам'янському водосховищі

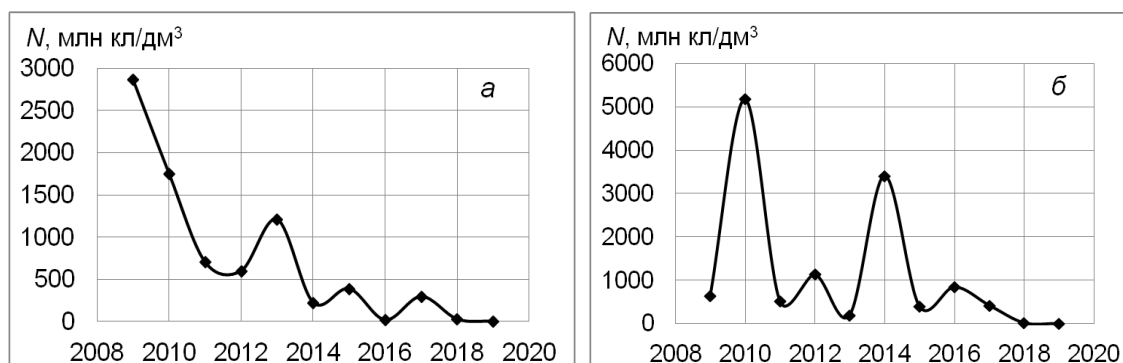


Рис. 3. Зміни за роками середньомісячної кількості водоростей на водозаборі в смт Аули в серпні (а) та вересні (б)

найбільшим є розвиток водоростей в його південно-східній пригребельній частині, де і розташований водозабір у смт Аули. Крім того, домінування в літній період над Кам'янським водосховищем північно-східного вітру зумовлює знесення ним убік правого берега поверхневого шару води, що найбільше насичена водоростями [2; 4; 5]. Отже, істотно більша кількість клітин водоростей на водозабір в смт Аули, порівняно з нижнім б'єфом Київської ГЕС, підтверджується даними супутникового знімання.

Існує певна залежність між даними і в часі. Вода в Кам'янському водосховищі набуває зеленого кольору саме тоді, коли кількість клітин водоростей (насамперед синьо-зелених і зелених) велика, тобто у липні–вересні. Утім, тісний зв'язок в окремі дати між кількістю клітин водоростей та супутниковими даними доволі слабкий. Насамперед це пояснюється тим, що наявні дані відповідають істотно різним за глибиною шарам води.

Розглянемо це питання на кількох прикладах, які спостерігалися в 2017 і 2018 рр. За супутниковими знімками, зокрема Sentinel-2, до 16.07.2017 р. помітних ознак «цвітіння» в Кам'янському водосховищі не було. Кількість клітин синьо-зелених водоростей протягом 16–21 липня 2017 р. за даними на водозабір перебувала в діапазоні 47–70 млн. в 1 дм³. Збільшення рівня «цвітіння» за супутниковими даними відбулося 19.07.2017 р., а за

даними лабораторії – 24.07.2017 р., коли вона сягнула 180 млн. в 1 дм³.

У 2018 р. помітне «цвітіння» за супутниковими знімками зафіксовано пізніше, ніж попереднього року – 05.08.2018 р., а за даними лабораторії – 09.08.2018 р. Отже, на великих глибинах, порівняно з поверхневим шаром, кількість клітин водоростей змінюється з деяким запізненням (рис. 4).

За даними моніторингу, що виконується на водозабір в смт Аули, в теплий період року в Кам'янському водосховищі домінують синьо-зелені водорості. Їх невеликі розміри значною мірою визначають значну кількість в одиниці об'єму. У липні їх частка становить 80–85%, у серпні–жовтні – понад 95% загальної кількості. Улітку певну частку складають й зелені водорості, проте їх на порядок-два менше, ніж синьо-зелених. Домінантними серед синьо-зелених водоростей є *Microcystis*. З грудня по квітень домінують діатомові.

Висновки. «Цвітіння» води – характерне явище, яке щороку спостерігається у дніпровських водосховищах. Його просторово-часові особливості можуть бути вивчені за даними моніторингу, який виконується на водозаборах великих міст. Іншим джерелом відомостей є дані дистанційного зондування Землі. Відповідні дослідження, виконані за даними моніторингу на господарсько-питному водозабір в смт Аули, свідчать про те, що найбільше клітин водоростей на глибині 8–9 м



Рис. 4. Розвиток «цвітіння» води в Кам'янському водосховищі:
а – 19.07.2017 р., б – 05.08.2018 р.

спостерігається у вересні. Порівняно з поверхневим шаром, це приблизно на місяць пізніше. Кількість водоростей у цей час може перевищувати 1000 млн. в 1 дм³. Ця кількість більш як на порядок більша, ніж на водозаборі ДВС. Значне зростання «цвітіння» води в Кам'янському водосховищі, порівняно з Київським та Канівським, підтверджується даними дистанційного зондування Землі, а також результатами інших дослідників. Протягом досліджуваного

періоду найбільша кількість водоростей зафіксована в серпні та особливо вересні 2010 р., що пояснюється поєднанням низки сприятливих факторів – аномально високою температурою повітря і води, а також невеликою хмарністю. З червня по листопад домінують на водозаборі в смт Аули є синьо-зелені водорості, частка яких у липні становить 80–85%, у серпні-жовтні – перевищує 95%. З грудня по квітень домінують діатомові.

Бібліографія

1. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
2. Вишневський В.І. Просторово-часова мінливість «цвітіння» води у дніпровських водосховищах // Український журнал дистанційного зондування Землі. 2019. № 20. С. 18–27.
3. Вишневський В.І., Лопата Л.М. «Цвітіння» води на водозаборі Дніпровської водопровідної станції // Меліорація і водне господарство. 2016. Вип. 104. С. 31–35.
4. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Використання даних супутників Aqua і Terra у дослідженнях «цвітіння» води дніпровських водосховищ // Праці Центральної геофізичної обсерваторії. 2018. Вип. 14(28). С. 44–49.
5. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Використання даних дистанційного зондування Землі у дослідженнях водних об'єктів України. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2018. 116 с.
6. Задорожна Г.М. Особливості розвитку фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних і лентичних умовах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук. Київ: Інститут гідробіології НАНУ, 2016. 18 с.
7. Задорожна Г.М., Щербак В.І. Вплив сонячної радіації і температури води на розвиток фітопланктону Канівського водосховища // Гидробиол. журн. 2016. № 5. Т. 52. С. 18–27.
8. Кирпенко Н.И., Крот Ю.Г., Усенко О.М. Цветение поверхностных вод – фундаментальные и прикладные аспекты // Гидробиол. журн. 2018. № 6. Т. 54. С. 18–34.
9. Приймаченко А.Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ. Київ: «Наук. думка», 1981. 278 с.
10. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / Л.А. Сиренко, И.Л. Корелякова, Л.Е. Михайленко и др. Киев: Наук. думка, 1989. 232 с.
11. Щербак В.И., Задорожная А.М., Колесниченко К.П. Пространственно-временная динамика фитопланктона придаточной сети киевского участка Каневского водохранилища // Гидробиол. журн. 2014. № 1. Т. 50. С. 3–14.
12. Paerl H.W., Fulton R.S., Moisaner P.M., Dyble J. (2001). Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria. *The Scientific World* 1, 76–113.
13. Urquhart E.A., Schaeffer B.A., Stumpf R.P. et al. (2017). A method for examining temporal changes in cyanobacterial harmful algal bloom spatial extent using satellite remote sensing. *Harmful algae*. 67. Pp. 144–152.

References

1. Vyshnevskiy, V.I. (2011). Rika Dnipro [The Dnipro River]. Kyiv: Interpress LTD. [in Ukrainian].
2. Vyshnevskiy, V.I. (2019). Prostorovo-chasova minlyvist "tsvitinnia" vody u dniprovskykh vodoskhovyshchakh [Spatio-temporal variability of algal bloom in the Dnipro Reservoirs]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli* [Ukrainian Journal of Remote Sensing], 20, 18–27. [in Ukrainian]
3. Vyshnevskiy, V.I., & Lopata L.M. (2016). "Tsvitinnia" vody na vodozabori dniprovskoi vodoprovodnoi stantsii [Algal bloom on the water intake of the Dnipro Water Treatment Station]. *Melioratsia i vodne hospodarstvo* [Land reclamation and water management], 104, 31–35. [in Ukrainian]
4. Vyshnevskiy, V.I., & Shevchuk, S.A. (2018). Vykorystannia danykh suputnykiv Aqua i Terra u doslidzhenniakh "tsvitinnia" vody dniprovskykh vodoskhovyshch [The use of Aqua and Terra satellites in study of algal bloom of the Dnipro Reservoirs]. *Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii* [Proceedings of the Central Geophysical Observatory], 14(28), 44–49. [in Ukrainian]
5. Vyshnevskiy, V.I., & Shevchuk, S.A. (2018). Vykorystannia danykh dystantsiinoho zonduvannia Zemli u doslidzhenniakh vodnykh obiektiv Ukrainy [Use of remote sensing data in study of water bodies of Ukraine]. Kyiv: Interpress LTD. [in Ukrainian]

6. Zadorozhna, G.M. (2016). Osoblivosti rozvytku fitoplanktonu verkhnoi chazstyny Kanivskoho vodokhranilishcha v lotychnykh i leptychnykh umovakh [Features of the phytoplankton growth in the upper part of the Kanivske Reservoir in the lake and river conditions]. Thesis of diss. for the scient. level of cand. of biological sciences. Kyiv: Institute of Hydrobiology, NASU. [in Ukrainian]
7. Zadorozhna, G.M., & Shcherbak, V.I. (2016). Vplyv soniachnoi radiatsii na rozvytok fitoplanktonu Kanivskoho vodokhranilishcha [The impact of solar radiation and water temperature on the growth of phytoplankton in Kanivske reservoir]. Hidrobiol. Zhurnal [Hydrobiol. Journal], 5(52), 18–27. [in Ukrainian]
8. Kyrpenko, N.I., Krot, J.H., & Usenko, O.M. (2018). Tsveteniiie poverkhnevukh vod – fundametnalnye i prikladnye aspekty [Algal bloom – fundamental and applied aspects]. Hidrobiol. Zhurnal [Hydrobiol. Journal], 6(54), 18–34. [in Russian]
9. Pryimachenko, A.D. (1981). Fitoplankton i pervichnaia produktsia Dnepra i Dneprovskikh vodokhranilishch [Phytoplankton and primary production of the Dnipro River and Dnipro Reservoirs]. Kiev: Nauk. Dumka. [in Russian]
10. Sirenko, L.A., Koreliakova, I.L., & Mikhailenko, L.E. et al (1989). Rastitelnost i bakterialnoe naselenie Dnepra i Dneprovskikh vodokhranilishch [Vegetation and bacterial population of the Dnipro River and its reservoirs]. Kiev: Nauk. Dumka. [in Russian]
11. Shcherbak, V.I., Zadorozhna, G.M., & Kolesnichenko K.P. (2014) Prostranstvenno-vremennaia dinamika fitoplanktona pridatochnoi seti kievskogo uchastka Kanevskogo vodokhranilishcha [Spatio-temporal dynamics of phytoplankton of the accessory network of the Kyiv section of the Kanivske reservoir]. Hidrobiol. Zhurnal [Hydrobiol. Journal], 1(50), 3–14. [in Russian]
12. Paerl, H.W., Fulton, R.S., Moisaner, P.M., & Dyble, J. (2001). Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria. The Scientific World, 1, 76–113.
13. Urquhart, E.A., Schaeffer, B.A., & Stumpf, R.P. et al (2017). A method for examining temporal changes in cyanobacterial harmful algal bloom spatial extent using satellite remote sensing. Harmful algae, 67, 144–152.

В.И. Вишнеvский, И.Н. Москвина

«Цветение» воды в Каменском водохранилище

Аннотация. По данным наблюдений на хозяйственно-питьевом водозаборе в Каменском водохранилище в пгт Аулы установлены основные закономерности «цветения» воды. Забор воды здесь выполняется с глубины 8–9 м, что примерно соответствует середине максимальных глубин. Установлено, что численность водорослей в единице объема здесь весьма значительна – существенно больше, чем на водозаборе Днепроvской водопроводной станции, расположенной в нижнем бьефе Киевской ГЭС. В отдельных случаях она может превышать 1000 млн в 1 дм³. В течение исследуемого периода зафиксировано уменьшение количества водорослей, прежде всего, начиная с 2018 г. Наибольшее количество водорослей в единице объема наблюдается в сентябре, то есть позже, чем в поверхностном слое воды. Наибольшее количество водорослей зафиксировано в сентябре 2010 и сентябре 2014 гг. Приведены факторы, которые способствовали развитию водорослей в это время. Такими факторами прежде всего были высокая температура воздуха и воды, а также облачность. Некоторое опоздание существует и в отношении изменений погодных условий. С июня по ноябрь доминантными на водозаборе в пгт Аулы являются сине-зеленые водоросли, доля которых в августе-октябре достигает 95–99%. С декабря по апрель доминантными являются диатомовые водоросли. Доля зеленых водорослей наибольшая летом, однако она обычно не превышает 2–3%. Значительное развитие водорослей в Каменском водохранилище подтверждено данными дистанционного зондирования Земли. По спутниковым данным установлено, что в этом водохранилище наибольшее «цветение» наблюдается именно в той его части, где расположен водозабор. Показана зависимость «цветения» воды от гидрометеорологических условий, в частности направления ветра. Доминирование северо-восточного ветра над Каменским водохранилищем в летний период вызывает нагон воды к водозабору, что сопровождается ростом численности клеток водорослей в единице объема.

Ключевые слова: «цветение» воды, Каменское водохранилище, гидрометеорологические условия.

V.I. Vyshnevskiy, I.M. Moskvina

Algae blooming in the Kamianske Reservoir

Abstract. According to observation data obtained at the drinking water intake in the Kamyanske reservoir in the village of Auly, the basic patterns of water blooming were specified. Water abstraction in here is performed from the depth of 8–9 m, which roughly corresponds to a mid-point of the maximum depths. It was determined that the number of algae per unit volume is very large - significantly higher than at

the water intake of the Dnieper Water Supply Station (DWSS), which is located in the downstream of the Kyivska HPP. In some cases, it may exceed 1000 million in 1 dm³. During the study period, a decrease in algae amount was recorded, mainly, starting from 2018. The largest algae amount per a volume unit is usually observed in September, i.e. later than in the surface layer of water. The largest algae amount was recorded in September of 2010 and 2014. The factors that contributed to the development of algae at this time are given. Such factors were primarily high air and water temperatures, as well as low cloud cover. There is some delay in changing weather conditions. From June to November, blue-green algae are dominant in the water intake in the village of Auly, the share of which in August-October reaches 95–99%. From December to April, diatomic algae are dominant. The share of green algae is the highest in summer, but it does not usually exceed 2–3% of the total. The significant development of algae in the Kamyanske Reservoir is confirmed by remote sensing data. According to satellite data, it was found out that in this reservoir the largest blooming is observed in the place of water intake location. The dependence of water blooming on hydrometeorological conditions, in particular the direction of wind currents is also shown. The dominance of the northeast wind over the Kamyanske Reservoir in the summer causes a wind setup to the water intake, which results in the increase in the number of algae cells per volume unit.

Key words: water blooming, Kamyanske reservoir, hydrometeorological conditions.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-252>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/252>

УДК 626.8.:502.36:631.6

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ У МЕЖАХ ДЕСАНТНЕНСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ РАДИ КІЛІЙСЬКОГО РАЙОНУ ОДЕЩИНИ

О.О.Мєдведєва*

Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0003-3575-0592>; e-mail: mdvdv_olga@ukr.net

Анотація. Досвід проектування, будівництва і експлуатації дренажу на зрошуваних землях південного заходу Одещини свідчить про те, що дренаж як засіб поліпшення гідрогеолого-меліоративного стану зрошуваних земель не завжди є повною мірою засобом захисту від перезволоження і засолення ґрунтів. Багаторічні спостереження за комплексом меліоративних показників (режим ґрунтових і дренажно-скидних вод, засоленість ґрунто-підґрунтя) не дають підстав стверджувати, що дренаж працює ефективно. На прикладі дренажних систем Десантненської сільської ради проведено аналіз п'яти ділянок площинного (систематичного) горизонтального дренажу з глибиною закладання дрен від 2 до 3 м, за період з 1991 по 2019 рік. За результатами досліджень встановлено умови функціонування дренажно-скидних систем проаналізовано, їх сучасний технічний стан і ефективність роботи, закономірності залягання рівня ґрунтових вод та динаміку його коливань на ділянках дренажу. Зміна ефективності роботи дренажних систем співзвізана з погодно-кліматичними умовами регіону. Більше 20-ти років дренаж на всій площі оцінюється як «сухий». Більшість інженерних споруд знаходиться практично в незадовільному стані: відсутність кришок і верхніх кілець, засміченість і зруйнованість оглядових колодязів. Аналіз наведеного матеріалу свідчить про значну зміну в роботі дренажно-скидної мережі на даній ділянці, яка частково відображає стан дренажу на зрошуваних землях Одещини. Основними причинами такого стану є: введення після 2000 року платного водокористування, яке, своєю чергою призвело до зменшення фактично зрошуваних площ і норм поливу; розпаювання меліорованих земель на дрібні фермерські господарства або товаровиробники; передача дренажно-скидних систем у власність сільської ради, яка фінансово неспроможна підтримувати інженерні споруди в задовільному стані. Окрім цього, на роботоспроможність впливають кліматичні чинники: кількість опадів (інтенсивність) і температурні показники. Це може призвести до значних негативних наслідків і втрати сільськогосподарських земель.

Ключові слова: горизонтальний дренаж, рівень ґрунтових вод, ефективність роботи, натурні дослідження, технічний стан.

Актуальність дослідження. Зрошуване землеробство в степових регіонах півдня України закономірно супроводжувалося негативними явищами. До найбільш суттєвих слід віднести підтоплення сільськогосподарських (с/г) угідь у зв'язку з порушенням, в результаті зрошування, водного балансу зони активного водообміну. Об'єм води, що поступає на зрошувані масиви, як правило, не повністю витрачається на водоспоживання с/г культур. Значна частина цієї води у вигляді фільтраційних втрат із зрошувальної мережі і безпосередньо при поливах угідь іде в зону аерації, досягає поверхні ґрунтових вод (ГВ), збільшуючи їх живлення.

В результаті рівень ґрунтових вод (РГВ) змінюється за рахунок фільтраційних втрат та інфільтраційного живлення, амплітуда приросту якого залежить від глибини ГВ,

інтенсивності поливів, віддаленості від каналів зрошувальної мережі, способу поливу та інших чинників.

При інтенсивному зрошуванні поповнення запасів ГВ за рахунок втрат на фільтрацію при поливах у середньому складало при глибині ГВ від 1–5 м та 10–40 мм за годину. За рахунок фільтрації з каналів зрошувальної мережі живлення ГВ відбувається інтенсивніше, але в чітко обмеженому просторі, який має не площинний, а лінійний характер. Основні втрати води з каналів [2; 5] групуються в приканальних зонах у вигляді «куполів», ширина і площа яких росте, маючи в часі затухаючий характер. Об'єм втрат на фільтрацію, сумарно по всіх водах каналів іригаційної мережі, складає в середньому більше 30% від водоподачі. До того ж магістральна мережа облицьована на 75%, розподільна на

* під керівництвом канд. техн. наук, с.н.с. Савчука Д.П.

© Медведєва О.О., 2020

55 %, міжгосподарська і внутрішньогосподарська – практично не облицьовані і пролягають у земляних руслах [8].

При закритій зрошувальній мережі втрати мінімальні і не можуть бути визначальним чинником живлення ГВ. Значна частина зрошувальних систем практично закриті і проходить у трубопроводах. На багатьох зрошувальних системах у розподільну мережу вода подається від точки водозабору по напірних трубопроводах. У цих умовах втрати зрошувальної води на фільтрацію і поповнення запасів ГВ відбуваються на полях при поливах. Підйом РГВ мінімально можливий. Проте гідрогеолого-меліоративні умови такі, що при зрошуванні баланс ГВ, навіть якщо повністю виключити їх живлення за рахунок поливних вод, буде позитивним [5].

РГВ приймає характер, що встановився у багаторічному розрізі залежно від комплексу режимоутворюючих чинників на середньорічній глибині від 0,5–1 до 3–5 м. Звідси, очевидно, витікає, що без будівництва дренажу використання зрошуваних земель неможливе. Однак, будівництво дренажу має бути своєчасним і необхідним, а його робота ефективною. На жаль, з багатьох причин жодна умова не дотримується, що призводить до значних втрат засобів, що витрачаються на ці затратні і технічно складні заходи.

Крім того, при будівництві і використанні дренажу виникають як мінімум ще дві проблеми. Перша пов'язана зі скиданням і утилізацією дренажно-скидних вод (ДСВ), а друга з можливістю використання ГВ на дренажних ділянках в якості додаткового джерела вологозабезпечення посівів с/г культур (ефект субіригації).

Останнім часом кількість фактично политих площ, що знаходяться на зрошуваних землях, помітно скорочується і водночас збільшується площа «сухого» дренажу. І це поряд із тим, що частина дренажу була «сухою» і в більш зрошувани роки. Тому однією з найактуальніших проблем сьогодення є аналіз стану дренажно-скидної мережі по всій Україні. До того ж актуальність дослідження підтверджується схваленням «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України № 688-р від 14 серпня 2019 р.) [3; 6–8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний стан дренажних систем і перспективи їх використання в межах України систематично досліджується переважно фахівцями ІВПіМ НААН, а в межах Одеської

області – ВП «ПРИЧОРНОМОРСЬКИЙ ЦВРГ (у минулому Одеська ГГМ експедиція).

Історичний аспект розвитку досліджень за даним напрямом [5–8] ґрунтовно висвітлено в попередніх наукових роботах і методичних наробках [5–10]. Окрім цього, багато наробок і звітів знаходяться у вищезазначених закладах у вигляді госпдоговірних робіт та планових інформацій та звітах (фондові матеріали організацій).

Отже, **мета дослідження** – визначити ефективність роботи дренажно-скидної мережі південного заходу Одещини для оцінки сучасного стану і перспективи подальшого її використання.

Матеріали і методи дослідження. Натурні дослідження проводили на сільськогосподарських (с/г) землях Десантненської сільської ради (с/р) Кілійського району Одеської області. Дослідження охоплюють період 1991–2019 років. При цьому розглядалися дані багаторічних показників ефективності роботи дренажно-скидних систем, режимних спостережень за РГВ, погодно-кліматичних показників. Окрім цього, в 2019 р. були проведені обстеження і оцінка технічного стану систем. При аналізі РГВ встановлювалися фактичні глибини залягання, закономірності та динаміка зміни коливань РГВ [1; 4; 10–14].

Отже, в роботі використано теоретичні методи наукового дослідження: моніторинг, аналіз, обстеження, оцінка, порівняння, узагальнення.

Результати дослідження та їх обговорення. Більшість с/г земель розташовані на масивах півдня Татарбунарької зрошувальної системи, однієї з найстаріших в області, і займають площу 3034 га. В її межах має місце тільки площинний (систематичний) горизонтальний дренаж на п'яти дренажних ділянках (ДД) (рис. 1). Скидання води з дренажних ділянок здійснюється самопливом: з ДД № 1 у Стенцівську заплаву; з ДД № 2 в лиман Великий Солоний; з № 4 і 5 у головний вихідний колектор (ГВК)-1; з ДД № 3 – в захисну дренажну систему села Десантне.

Загальна площа, охоплена дренажем, складає 776 га, що становить 25,6% від площі зрошуваних земель сільської ради. Протяжність відкритої мережі – 8,3 км, закритої – 46,84 км. Введення в експлуатацію дренажних систем проводилося впродовж 1972–1975 років (таблиця 1). Дренажні системи проектувалися для зниження РГВ і відведення надлишку ГВ при інтенсивних поливах. Жоден із водовипусків не обладнаний водомірним пристроєм.



Рис. 1. Картохема дренажних ділянок у межах Десантненської с/р

1. Основні характеристики і параметри дренажу

Ділянка дренажу	Площа, га	Рік введення в експлуатацію	Глибина закладання дрен, м		Протяжність дренажу, км		Відстань між дренами, м
			відкритих	закритих	відкритих	закритих	
ДД № 1	130	1972	3,0	2,5	1,3	8,1	150-200
ДД № 2	228	1972-1974	3,4	2,7	3,7	14,3	190-200
ДД № 3	228	1975	3,0	2,7-3,0	—	15,6	200-220
ДД № 4	82	1975	2,7	2,0-2,5	3,3	5,6	200
ДД № 5	78	1975	2,0-3,0	2,0-3,0	—	3,2	200

Матеріал дрен – азбоцемент і поліхлорвініл, дрени обладнані трубами діаметром 100–300 см. Глибина закладання закритих дрен 2,0–3,0 м (при середньому

значенні 2,7 м), відкритої мережі 2,0–3,35 м. Міждренна відстань від 150 до 220 м. Закритий дренаж налічує 163 оглядових колодязів, у тому числі: ДД № 1 – 26 шт.,

ДД № 2 – 29 шт., ДД № 3 – 60 шт., ДД № 4 – 27 шт., ДД № 5 – 21 шт.

Технічний стан дренажно-скидних систем відображений в таблиці 2. Враховуючи те, що дренаж закритий і практично «сухий», основним технічним недоліком є відсутність верхнього бетонного кільця і кришки (38,6%). Не менш значимим недоліком є відсутність кришки на колодязях (37,4%). 24% несправностей займають відсутність або зруйнованість колодязів.

Щорічні обстеження дренажних систем загалом дозволяють визначити контури і площі дренажу «обводненого» і «сухого» і оцінити ефективність його роботи. При цьому ефективність роботи систем визначається по таких принципах за методичними рекомендаціями [12] з урахуванням нормативних документів:

– дренаж працює *ефективно* за умови відсутності ділянок із надмірно-зволоженим ґрунтовим покривом, ґрунтові води між дренажами залягають на глибинах нижче проектних відміток;

– дренаж працює *недостатньо ефективно*, якщо ґрунтові води між дренажами залягають вище за критичні відмітки, але надмірного перезволоження ґрунтів не спостерігається;

– дренаж працює *неефективно*, якщо ґрунтові води між дренажами залягають вище за критичні відмітки, ґрунти тимчасово або постійно перезволожені;

– «сухий» дренаж фіксується, але не оцінюється.

Внаслідок різноманітних соціально-економічних, технологічних і природних причин дренажно-скидна система працювала не в повній мірі. Менш ніж на половині площі робота дренажу оцінювалася як «ефективна» і «недостатньо ефективна». На 42,6–65,4% дренаж у цей же період був «сухим». Починаючи з 2004 р. на всій площі 100% фіксується «сухий» дренаж.

Окрім цього на роботоспроможність впливають і кліматичні чинники, а саме наявність і кількість опадів і температурні показники повітря (рис. 2). Температурні

2. Технічний стан дренажних систем Десантненської с/р

Номер дренажної ділянки	Кількість дренажних колодязів	Технічний стан дренажної мережі		
		зруйновані	відсутня кришка	відсутнє верхнє кільце і кришка
ДД№ 1	26	5	9	12
ДД№ 2	29	9	11	9
ДД№ 3	60	16	21	23
ДД№ 4	27	3	12	12
ДД№ 5	21	6	8	7
Всього	163	39	61	63

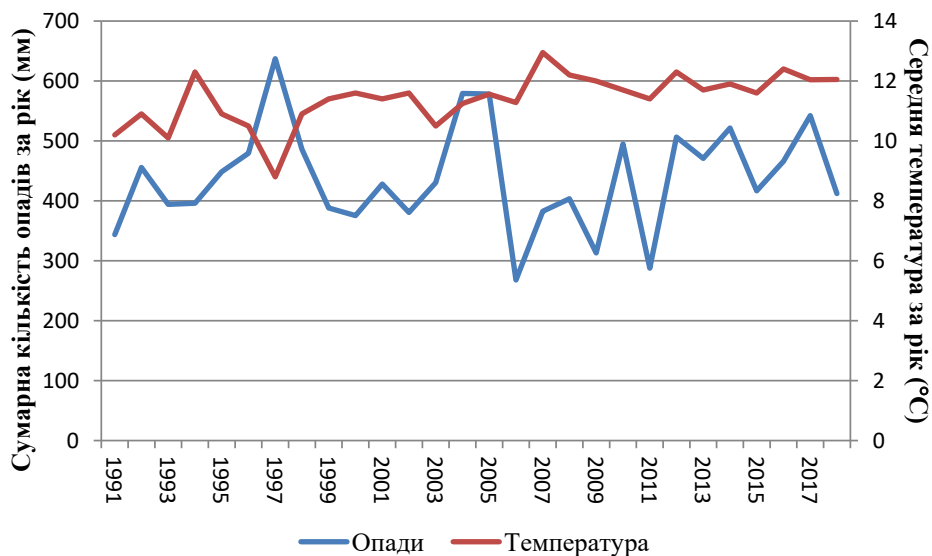


Рис. 2. Графік сумарної кількості опадів за рік (мм) та середньої температури за рік (°C)

показники, за даними Татарбунарської балансометричної станції, до 2000 р. варіювали в межах $+8 - +10^{\circ}\text{C}$, після – близько $+12^{\circ}\text{C}$, в окремі роки перебільшуючи цей показник на $0,1-0,9^{\circ}\text{C}$. Сумарна річна кількість опадів за цей період змінювалася в межах від 268 до 579 мм, при середньому значенні 438,9 мм в рік. В останні майже десять років кількість опадів перевищує 400мм, але поряд зі збільшенням кількості опадів спостерігається перерозподіл їх інтенсивності. Більша частина опадів випадає у вигляді злив і з поверхневим стоком надходить у поверхневі водотоки, малозволожуючі ґрунти. Це положення чітко фіксується на положенні рівнів ґрунтових вод (рис. 3) [15].

Висновки. Результати проведених натурних обстежень роботи закритих дренажних систем у Десантненській сільській раді Кілійського району Одеської області показали, що їхня ефективність оцінюється як недостатня. Останнім часом унаслідок припинення зрошення на дослідно-виробничих

ділянках ґрунтові води опустились нижче дрен, дренаж припинив роботу і тривалий час перебуває в сухому стані. Рівень ґрунтових вод на ділянках дренажу фіксувався на глибинах переважно 3,5–4,3 м. Зазнали руйнування 24% оглядових клодазів, на 38,6% відсутні залізобетонні кільця і кришки. Протягом тривалого часу закритий горизонтальний дренаж перебував в незадовільному технічному стані.

Дренаж на зрошуваних землях має забезпечувати оптимізацію водно-сольового режиму ґрунтів, при цьому запаси вологи і солей у вегетаційний період у кореневмісній зоні мають бути строго дозовані і забезпечувати отримання високих врожаїв культур та нормальну гідрогеолого-меліоративну обстановку на зрошуваних землях і прилеглих територіях. Введення масштабного розпаювання земель і меліоративних фондів та платного водокористування не повинні призводити до погіршення технічного стану колекторно-дренажної мережі.

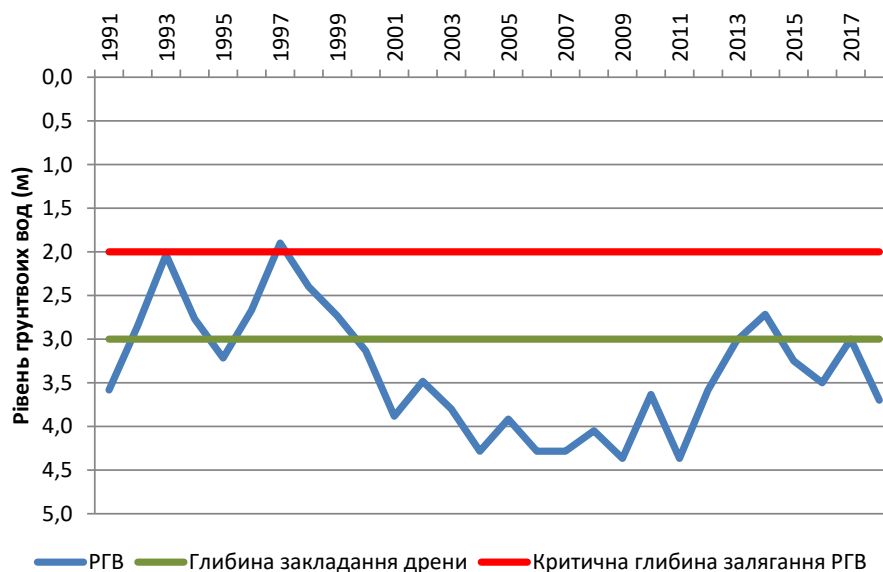


Рис. 3. Графік середньорічного рівня ґрунтових вод (м), глибини закладання дрен (м) та критичної глибини залягання РГВ (м)

Бібліографія

1. ВСН 33-2.2.03-86. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Москва, 1987. 115 с. (Нормы проектирования).
2. Геологическая карта северо-западного Причерноморья. М1:200 000 / Даренюк Н.Е., Морозов В.И., Сибилев А.К. и др. // Госкомгеология Украины. Киев. 1991. С. 182.
3. Демченко О. [Бабіцька О.] Ефективність систем самопливного закритого горизонтального дренажу в зоні зрошеного землеробства // Водне господарство України. 2007. № 3. С. 43–49.
4. ДСТУ-НБВ 1.1-38:2016. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. Київ: ДУ «УкрНДНЦ», 2017. 203 с. (Національний стандарт України).

5. Лютаев Б.В. Обоснование оптимальных значений гидрогеологических показателей водно-солевого режима орошаемых территорий юга Украины: автореф.на соиск.науч.степени канд.геол.-мин.наук. Киев, 1975. 20 с.
6. Медведєв О.Ю., Медведєва О.О. Дренажні системи на зрошуваних землях Одеської області // Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку: зб. тез всеукр. наукова інтер.-конфер. Переяслав-Хмельницький, 2018. С. 524–528.
7. Медведєв О.Ю. Гідрогеологічне обґрунтування експлуатації зрошуваних систем на тлі дренажу // Водне господарство України. 1997. № 3. С. 25–26.
8. Медведєв О.Ю. Формування режиму ґрунтових вод на Татарбунарському масиві зрошення // Водне господарство України. 1999. № 2. С. 38–40.
9. Методика оцінки і прогнозу еколого-меліоративного стану меліорованих земель: посібник до ВБН 33-5.5-01-97 / Ромащенко М.І. Київ: Інститут гідротехніки і меліорації, 2002. 147 с.
10. Методика проведення комплексу моніторингових робіт у системі Держводгоспу: посібник до ВБН 33-5.5-01-97 / Ромащенко М.І. Київ: Інститут гідротехніки і меліорації, 2002. 94 с.
11. Методические рекомендации по изучению подтопления в комплексе работ по крупномасштабной съемке для целей мелиорации. Днепропетровск: Мингео УССР, ИМП, 1984.
12. Методические рекомендации по расчетам защиты территорий от подтопления в зоне орошения / Олейник А.Я. и др. Киев: Минводхоз УССР, Институт Гидромеханики АН УССР, Укргипроводхоз. Киев, 1986. 392 с.
13. ВБН 33-5.5-01-97. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу. Зрошувані землі. Київ: Державний комітет України по водному господарству, Київ, 2002. 66 с.
14. Фондові матеріали. Одеса: ВП «ПРИЧОРНОМОРСЬКИЙ ЦВРГ», 1991–2019.
15. Miedvedieva O., Dyniak O. Study of factors of formation of groundwater levels within the rural settlements of the Tatarbunary district // Theoretical and Applied Aspekts: XVIII International Conference, Kyiv, 13–16 may, 2019. Kyiv, 2019.

References

1. Meliorativnyie sistemyi i sooruzheniya. Drenazh na oroshaemyih zemlyah [Reclamation systems and facilities. Drainage on irrigated lands]. (1987). VSN 33-2.2.03-86. Normyi proektirovaniya. Moskva. [in Russian]
2. Darenjuk, N.E., Morozov, V.I., & Sibilev, A.K. et al. (1991). Geologicheskaya karta severo-zapadnogo Prichernomor'ya. M1:200 000 [Geological map of the northwestern Black Sea region. M1: 200,000]. Goskomgeologiya Ukrainyi, Kyiv, 182. [in Russian]
3. Demchenko O. [Babitska O.] (2007). Efektyvnist system samoplyvnoho zakrytoho horizontalnogo drenazhu v zoni zroshuvanoho zemlerobstva [Efficiency of self-flowing closed horizontal drainage systems in the area of irrigated agriculture]. Vodne hospodarstvo Ukrainy, 3. [in Ukrainian]
4. Nastanova shchodo inzhenerenoho zakhystu terytorii, budivel i sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia [Guidelines for engineering protection of territories, buildings and structures from flooding and inundation]. (2017). DSTU-NBV 1.1-38:2016. Natsionalnyi standart Ukrainy. Kyiv: DU UkrNDNTs. [in Ukrainian]
5. Lyutaev, B.V. (1975). Obosnovanie optimalnyih znacheniy gidrogeologicheskikh pokazateley vodno-solevogo rezhima oroshaemyih territoriy yuga Ukrainyi [Substantiation of the optimal values of hydrogeological indicators of the water-salt regime of irrigated areas in the south of Ukraine]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv. [in Russian]
6. Miedvediev O.Iu., & Miedvedieva O.O. (2018). Drenazhni systemy na zroshuvanykh zemliakh Odeskoi oblasti [Drainage systems on irrigated lands of Odessa region]. Vitchyzniana nauka na zlami epokh: problemy ta perspektyvy rozvytku: zb. tezvseukr. naukova inter.-konfer. Pereiaslav-Khmelnytskyi, 524–528. [in Ukrainian]
7. Miedvediev, O.Iu. (1997). Hidroheolohichne obgruntuvannia ekspluatatsii zroshuvanykh system na tli drenazhu [Hydrogeological substantiation of operation of irrigated systems on the background of drainage]. Vodne hospodarstvo Ukrainy, 3. [in Ukrainian]
8. Miedvediev, O.Iu. (1999). Formuvannia rezhymu hruntovykh vod na Tatarbunarskomu masyvi zroshennia [Formation of the groundwater regime on the Tatarbunary irrigation massif]. Vodne hospodarstvo Ukrainy, 2. [in Ukrainian]

9. Romashchenko M.I. (2002). Metodyka otsinky i prohnozu ekoloho-melioratyvnoho stanu meliorovanykh zemel: posibnyk do VBN 33-5.5-01-97 [Methods for assessing and forecasting the ecological and reclamation status of reclaimed lands: a guide to VBN 33-5.5-01-97]. Kyiv: Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation. [in Ukrainian]
10. Romashchenko M.I. (2002). Metodyka provedennia kompleksu monitorynhovykh robit u systemi Derzhvodhospu: posibnyk do VBN 33-5.5-01-97 [The methodology for carrying out a complex of monitoring robots at the Derzhvodgospu systems: checklist to VBN 33-5.5-01-97]. Kiev: Institute of Hidrotechniky i Melioratsii. [in Ukrainian]
11. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu podtopleniya v komplekse robot pokrupnomashtabnoy s'emke dlya tsey melioratsii [Methodical recommendations for the study of flooding in the complex of works on large-scale survey for the purpose of land reclamation]: Min geo USSR, IMR. (1984). Dnepropetrovsk. [in Russian]
12. Oleynik, A.Ya. et al. (1986). Metodicheskie rekomendatsii po raschetam zaschityi territoriy ot podtopleniya v zone orosheniya [Methodological recommendations for calculating the protection of territories from flooding in the irrigation zone]. Kyiv: Minvodhoz USSR, Institut Gidromehaniki AN USSR, Ukrgiprovdhoz. [in Russian]
13. Orhanizatsiia i vedennia ekoloho-melioratyvnoho monitorynhu. Zroshuvani zemli [Organization and conduct of ecological and reclamation monitoring. Irrigated lands]. (2002). VBN 33-5.5-01-97. Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy po vodnomu hospodarstvu. [in Ukrainian]
14. Fondovi materialy [Stock materials]. (1991–2019). Odesa: VP «PRYChORNOMORSKYI TsVRH». [in Ukrainian]
15. Miedviedieva, O., & Dyniak, O. (2019). Study of factors of formation of groundwater levels within the rural settlements of the Tatarbunary district. Theoretical and Applied Aspects: XVIII International Conference. Kyiv. [in Ukrainian]

О. О. Медведева

**Оценка эффективности работы дренажных систем в пределах
Десантненского сельского совета Килийского района Одесчины**

***Аннотация.** Опыт проектирования, строительства и эксплуатации дренажа на орошаемых землях юго-запада Одесской области свидетельствует о том, что дренаж как средство улучшения гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых земель не всегда является в полной мере средством защиты от переувлажнения и засоления почв. Многолетние наблюдения за комплексом мелиоративно-значимых показателей (режим грунтовых и дренажно-сбросных вод, засоленность почво-грунтов) не дают оснований утверждать, что дренаж работает эффективно. На примере дренажных систем Десантненского сельского совета проведен анализ пяти участков горизонтального площадного комбинированного дренажа с глубиной залегания закрытых дрен от 2 до 3 м, за период с 1991 по 2019 год. По результатам исследований установлены условия функционирования дренажно-сбросных систем, их современное техническое состояние и эффективность работы, закономерности залегания уровня грунтовых вод и динамика его колебаний на участках дренажа. Изменение эффективности работы дренажных систем сопоставленна с погодно-климатическими условиями региона. Больше 20-ти лет дренаж на всей площади оценивается как «сухой». Большинство инженерных сооружений находятся практически в неудовлетворительном состоянии: отсутствие крышек и верхних колец, засоренность и разрушенность смотровых колодцев. Анализ приведенного материала свидетельствует о значительном изменении в работе дренажно-сбросной сети на данном участке, которая частично отображает состояние дренажа на орошаемых землях Одесчины. Основными причинами такого состояния являются: введение после 2000 года платного водопользования, которое в свою очередь привело к уменьшению фактически орошаемых площадей и уменьшению норм полива; распаивание мелиорируемых земель на мелкие фермерские хозяйства или товаропроизводителей; передача дренажно-сбросных систем в собственность сельского совета, который финансово несостоятельно поддерживать эти инженерные сооружения в удовлетворительном состоянии. Кроме того, на работоспособность влияют и климатические факторы, а именно наличие и количество осадков (их интенсивность) и температурные показатели. Такое отношение к дренажно-сбросным системам может привести к значительным негативным последствиям и потере сельскохозяйственных земель.*

***Ключевые слова:** горизонтальный дренаж, уровень грунтовых вод, эффективность работы, натурные исследования, техническое состояние.*

O.O. Miedviedieva

**valuation of the effectiveness of drainage systems
within the Desantne Village Council in Kiliya district of Odessa region**

Abstract. *The experience in the design, construction and operation of drainage on irrigated land in the south-west of Odessa region suggests that drainage as a means of improving the hydrogeological and reclamation condition of irrigated land is not always a complete measure of protection against waterlogging and salinization of soils. Long-term observations for the complex of significant indicators (regime of groundwater and drainage water, soil salinity) do not give grounds to assert that drainage works effectively. Using the drainage systems of Desantne village council as an example, we analyzed five sections of horizontal areal combined drainage with a depth of 2–3 m for closed drainage over the period of 1991–2019. Based on the research results, the operating conditions of the drainage and discharge systems, their current technical condition and operational efficiency, patterns of groundwater level occurrence and the dynamics of its fluctuations in the drainage areas were determined. The change in the efficiency of the drainage systems was compared with the weather and climatic conditions of the region. For more than 20 years, drainage over the entire area has been rated as “dry”. Nowadays most engineering structures are in almost unsatisfactory condition: the absence of covers and upper rings, the clogging and destruction of manholes. Analysis of the cited material indicates a significant change in the operation of the drainage network in this area, which partially reflects the condition of drainage on the irrigated land in Odessa region. The main reasons for this condition are: introduction of paid water use after 2000, which in turn led to a decrease in actually irrigated areas and a decrease in irrigation standards; parcellation of reclaimed land; transfer of drainage systems into the ownership of the village council, which is financially untenable to maintain these engineering structures in satisfactory condition. In addition, climatic factors affect the systems performance, namely sufficient precipitation supply and temperature indicators. So such unfavorable situation about drainage systems can lead to significant negative consequences and the loss of agricultural land.*

Key words: *horizontal drainage, groundwater level, work efficiency, field studies, technical condition.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-262>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/262>

УДК 631.674.6:551.583

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

М.І. Ромащенко¹, докт. техн. наук, А.П. Шатковський², докт. с.-г. наук, В.В. Васюта³, докт. с.-г. наук, О.В. Журавльов⁴, канд. с.-г. наук, С.В. Усатий⁵, Л.Г. Усата⁶, І.М. Овчатов⁷

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9997-1346>; e-mail: mi.romashchenko@gmail.com;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4366-0397>; e-mail: andriy-1804@ukr.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-7786-1843>; e-mail: v.vladvir1@gmail.com;

⁴ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-7035-219X>; e-mail: zhuravlov_olexandr@ukr.net;

⁵ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-8784-4078>; e-mail: s_usatyi@ukr.net;

⁶ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-3265-9024>; e-mail: usataya_l@ukr.net;

⁷ ДП «ДГ «Великі Клини» Інституту водних проблем і меліорації НААН,
с. Великий Клин, Голопристанського району, Херсонської області, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-0912-1365>; e-mail: v.klyn2020@ukr.net

Анотація. У статті виконано всебічний аналіз сучасного стану, обґрунтовано перспективні напрями розвитку способів мікрозрошення в Україні через призму кліматичних трансформацій. Наведено динаміку площ сільськогосподарських культур, які зростають за допомогою способів мікрозрошення у світі та Україні, а також структуру площ мікрозрошення у розрізі регіонів України та видів сільськогосподарських культур. Виокремлено найбільші агропідприємства, які є вітчизняними лідерами з впровадження способів мікрозрошення, виробників обладнання та поставальників технічних засобів мікрозрошення. Сучасний етап розвитку мікрозрошення в Україні визначено як рівень високого розуміння технологій його застосування та постійно зростаючого використання можливостей і розширення сфер застосування цих способів зрошення. Підкреслено вагомим значенням вітчизняних науково-дослідних установ у розвитку та популяризації способів мікрозрошення. Із застосуванням теоретичних методів наукового дослідження (аналіз та синтез, порівняння, класифікація та узагальнення) систематизовано найбільш вагомим науковим результатом ІВПіМ НААН та наведено перелік підготовлених нормативних і методичних документів за напрямом мікрозрошення. Наведено потребу України в системах мікрозрошення сільськогосподарських культур на період до 2030 року, обґрунтовано тенденції та перспективні напрями розвитку способів мікрозрошення, які відповідають як загальносвітовому тренду щодо екологічно безпечного зрошення, так і принципам ресурсо- та енергозбереження. Визначено важливість державної підтримки впровадження способів мікрозрошення в частині збільшення суми бюджетних асигнувань за діючими програмами державної підтримки аграрного сектора економіки України.

Ключові слова: зміни клімату, способи мікрозрошення, краплинне зрошення, перспективні напрями розвитку.

Актуальність дослідження. Глобальні зміни клімату в бік потепління – це сьогоднішня реальність, факт, який неможливо не помічати або заперечувати. Закономірно, що кліматичні зміни не обійшли й Україну. Навпаки, процеси потепління на території нашої країни останнім часом посилилися та стали інтенсивнішими (зростання на 0,6 °C за 10 років), ніж у середньому по планеті (+0,29 °C). Унаслідок цього, як свідчать дані Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС та НАН України [1], за останні 30 років середньорічна температура в Україні

зросла майже на 1 °C. Це практично дорівнює підвищенню температури повітря по всій земній кулі за останнє сторіччя [2].

До основних наслідків змін клімату належить зміна гідрологічного режиму, зменшення кількості та погіршення якості водних ресурсів і забезпеченості ними всіх галузей економіки, а в першу чергу – аграрного виробництва [2]. Значне зростання дефіциту природного вологозабезпечення перетворило його в лімітуючий фактор сталого розвитку аграрного сектора економіки держави. Яскраве підтвердження цього положення – цьогорічна

масштабна посуха, спричинена відсутністю продуктивних опадів восени 2019 р. і безніжною зимою, наслідком якої стала загибель понад 350 тис. га озимих сільськогосподарських культур.

Частково компенсувати негативний вплив змін клімату має збільшення площ зрошення на 1,0–1,2 млн. га відповідно до завдань схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» [3]. Цим документом сформовано ключові напрями державної політики в галузі меліорації та визначено, що розвиток зрошення повинен базуватись виключно на новій техніко-технологічній основі, в тому числі – впровадженні сучасних ресурсо- та енергоефективних, а також екологічно безпечних способів зрошення.

Найбільшою мірою цим критеріям відповідають способи мікрозрошення, конструктивними ознаками яких є дискретне, з мінімальними непродуктивними втратами, під відносно низьким тиском та низькою інтенсивністю подавання поливної води і добрив у зону інтенсивного розвитку кореневої системи рослин [4]. Перелічені конструктивні ознаки реалізовано на системах краплинного зрошення з наземним і внутрішньогрунтовим розміщенням поливних трубопроводів, мікродощування, краплинно-ін'єкційного та краплинно-імпульсного поливу, підкранового і надкранового дощування, мікроструминного та дрібнодисперсного (аерозольного) зрошення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зважаючи на гостру актуальність тематики в останні роки проведено досить значний комплекс різнопланових досліджень із впливу кліматичних змін на складові аграр-

ного сектора економіки України. Найбільш системні дослідження за цією тематикою виконано вченими НААН: Інституту агроєкології і природокористування [5; 6], Інституту водних проблем і меліорації [2; 7], Інституту зрошеного землеробства [8; 9; 10] та ін. Однак, обґрунтування перспектив і шляхів розвитку способів мікрозрошення через призму кліматичних трансформацій досліджено недостатньо.

Отже, **мета дослідження** – всебічний аналіз сучасного стану, перспектив і напрямів розвитку способів мікрозрошення в Україні з урахуванням змін клімату.

Матеріали і методи дослідження. Застосовано теоретичні методи наукового дослідження: аналіз і синтез, порівняння, класифікація та узагальнення.

Результати дослідження та їх обговорення. За даними Міжнародної комісії з іригації та дренажу (ICID) станом на 2019 р. способами мікрозрошення поливалось понад 18 млн. га [11], що складає біля 5,4% від загальносвітової площі зрошуваних земель (333 млн. га). За цього в динаміці площ мікрозрошення варто відмітити два періоди інтенсивного їх збільшення: з 1995 по 2010 рр. у 4 рази або +7,6 млн. га та протягом 2013–2016 рр.: +4,8 млн. га (рис. 1).

Отже, протягом перших 15–20 років був період становлення, визначення можливостей, ефективності та напрямів застосування способів мікрозрошення, а вже потім – інтенсивного їх впровадження. Варто також зазначити, що понад 75% світових площ мікрозрошення розміщено в шести країнах світу: Китаї (5,4 млн. га), США (2,0 млн. га), Індії (1,9 млн. га), Іспанії (1,8 млн. га), Туреччині та Ірані (по 1,0 млн. га).

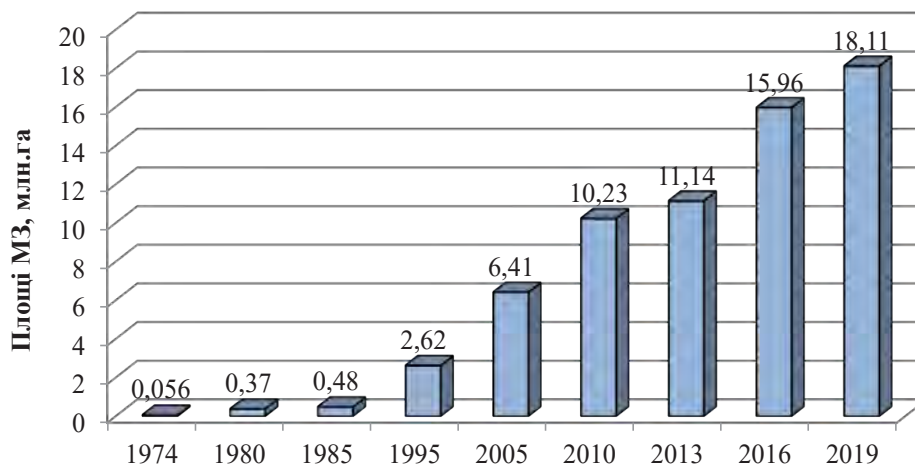


Рис. 1 Динаміка площ мікрозрошення у світі (1974–2019 рр.)

За даними Держводагентства в Україні у 2020 р. фактично зрошували 551,4 тис. га, з них краплинним зрошенням – 69,8 тис. га або 12,7%. Аналізуючи динаміку (рис. 2) бачимо, що в період з 2002 по 2013 рр. площі мікрозрошення зростали досить інтенсивно, у т.ч. – завдяки державній підтримці розвитку садівництва, виноградарства та хмелярства, а також активному впровадженню способів мікрозрошення в овочівництві. У 2015 р. вони зменшились у зв'язку з анексією АР Крим, а починаючи з 2016 р. спостерігаємо тренд незначного їх зростання (у межах 5%).

Згідно із статистичними даними, біля 2/3 або 44,4 тис. га усіх площ мікрозрошення розташовано на Херсонщині [12] (рис. 3), а у розрізі сільськогосподарських культур переважають овоче-баштанні і картопля – 53% та багаторічні (плодово-ягідні і виноградні насадження) – 38% (рис. 4).

Серед вітчизняних агровиробників лідером із впровадження технологій мікрозрошення є група компаній «Агрофьюжн», яка щорічно вирощує біля 7500 га розсадних

томатів із застосуванням систем краплинного та підгрунтового краплинного зрошення.

В Україні наразі освоєно увесь цикл виробництва обладнання для впровадження систем мікрозрошення. Так, провідними вітчизняними виробниками технічних засобів мікрозрошення є такі компанії як ТОВ «Ірригатор Україна» (м. Одеса), ТОВ «Сантехпласт» (м. Харків), ТОВ «Техносервіс» (м. Мелітополь). Серед постачальників обладнання для систем мікрозрошення активними учасниками ринку є такі компанії як «Netafim», ТОВ «НВП «Ірригаційні системи», «A.I.K. Ltd», ТОВ «Уніфер» та ін.

Для більш чіткого розуміння сучасного стану розвитку мікрозрошення в Україні необхідно згадати нормативний документ Мінводгоспу СРСР 1985 р. [13], яким було визначено, що «капельное орошение предназначено для полива садов и виноградников», а також його необхідно застосовувати виключно на тих ділянках, де впровадження інших способів зрошення є неможливим. Сьогодні ж, завдяки своїй високій ефективності та низьці переваг,

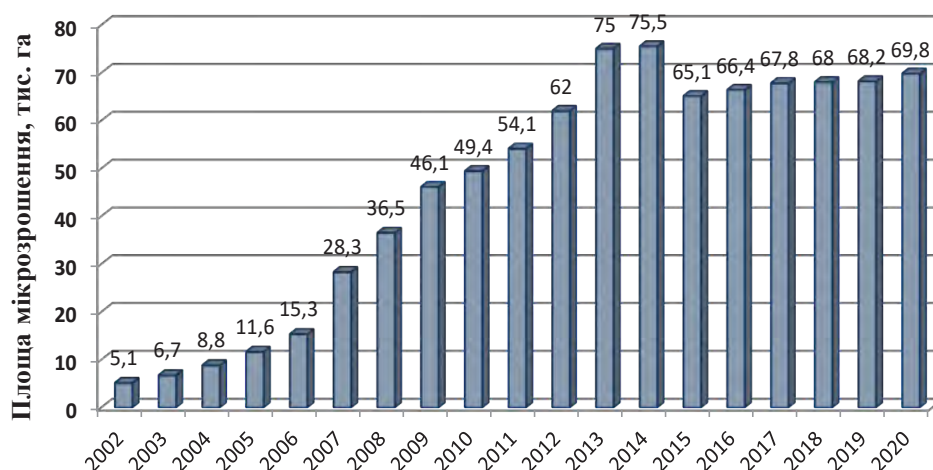


Рис. 2 Динаміка площ мікрозрошення в Україні (2002–2020 рр.)

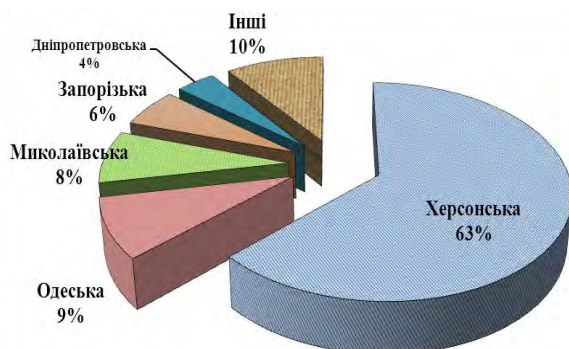


Рис. 3 Розподіл площ мікрозрошення сільськогосподарських культур у розрізі регіонів

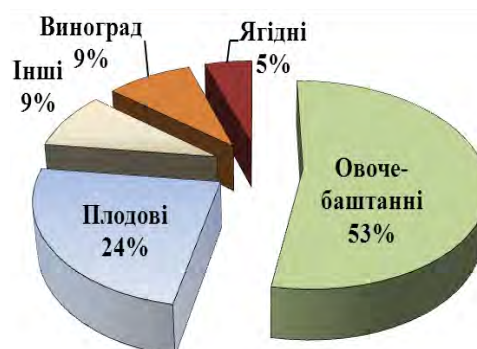


Рис. 4 Структура площ мікрозрошення сільськогосподарських культур

мікрозрошення успішно застосовують не тільки як безальтернативний спосіб поливу багаторічних насаджень, а й в овочівництві, за вирощування зернових, зернобобових, технічних, лікарських та інших культур.

Отже, характеризуючи сучасний етап розвитку мікрозрошення в Україні, можна стверджувати, що є достатньо зріле розуміння технологій його застосування та постійно зростаюче використання можливостей і постійне розширення сфер застосування цих способів зрошення.

Важливим фактором у нарощуванні площ та популяризації мікрозрошення сільськогосподарських культур є дослідження вітчизняних науково-дослідних установ. Так, в Україні дослідження впливу мікрозрошення на систему «грунт-рослина-навколишнє середовище» було розпочато ще в кінці 60-х – на початку 70-х років вченими Мелітопольської дослідної станції зрошуваного садівництва, Українського науково-дослідного інституту гідротехніки і меліорації [14] та Інституту «Укрдїпроводгосп». Варто зазначити, що з 1986 р. в Українському науково-дослідному інституті гідротехніки і меліорації (нині Інститут водних проблем і меліорації НААН, ІВПіМ) функціонував інженерний центр мікрозрошення, на який наказом Мінводгоспу було покладено функції координатора наукових досліджень за цим напрямом на теренах колишнього СРСР.

У системі НААН дослідження способів мікрозрошення, крім ІВПіМ, виконують вчені таких установ як Мелітопольська дослідна станція садівництва імені М.Ф. Сидоренка, Інститут зрошуваного землеробства, Інститут рису, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства імені В.С. Таїрова», Інститут овочівництва і баштанництва, а серед закладів вищої освіти – Миколаївський національний аграрний університет, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Херсонський державний аграрно-економічний університет, Національний університет водного господарства та природокористування, Дніпровський аграрно-економічний університет, Уманський національний університет садівництва та ін.

За майже 50-річний період вітчизняними вченими було визначено переваги мікрозрошення перед іншими способами зрошення, розроблено технології їх впровадження, нормативно-методичну базу з проектування та експлуатування систем мікрозрошення,

широкий спектр технічних засобів поливу, досліджено закономірності формування водного режиму та ґрунтових процесів залежно від якості поливної води і систем удобрення.

За результатами цих досліджень обґрунтовано:

- концептуальні засади розвитку способів мікрозрошення;
- нові положення методики проведення і закладання польових дослідів з урахуванням специфіки локальних способів зрошення;
- математичні моделі вологоперенесення за різних умов водоподачі;
- моделі «водоспоживання–врожайність» за краплинного зрошення;
- параметри і закономірності формування зон зволоження ґрунтів;
- параметри режимів краплинного зрошення і водоспоживання рослин, норми водопотреби сільськогосподарських культур;
- методи діагностування строків поливу.

Розроблено технології мікрозрошення сільськогосподарських культур, які у дослідях ІВПіМ забезпечували врожайність кукурудзи на зерно – 18–20 т/га, сої – 6,0–6,5 т/га, буряку цукрового – 111–120 т/га, томатів – 140–150 т/га, цибулі і капусти – 80–100 т/га, картоплі ранньої – 28 т/га, винограду технічних сортів – 10–12 т/га, винограду столових сортів – 15 т/га, яблук – 60–65 т/га, кавуна – 50–55 т/га, арахісу – 3,0–3,5 т/га, рису – 9–10 т/га [15].

Завдяки цьому інвестиції в проекти мікрозрошення окуповуються за вирощування овочевих та інших просапних культур у перший рік, а багаторічних – протягом 2–3 років після вступу в плодоношення.

У той же час, враховуючи обмежені фінансові можливості і виробничу базу, в питанні розроблення технічних засобів мікрозрошення установам НААН важко конкурувати з провідними закордонними компаніями. Незважаючи на ці обставини, зокрема ІВПіМ НААН завершено ряд розробок, які практично не поступаються зарубіжним аналогам: програматор автоматизованого управління процесом поливу, контроллер промивання фільтрів, засоби контролю за вологістю ґрунту, технічні засоби підготовки води, комплект з'єднувальних деталей, система управління процесом поливу на основі трьохпроводної лінії зв'язку, укладач і збирач поливних краплинних трубопроводів та імпульсний краплинний водовипуск [16]. У різні роки було налагоджено серійне виробництво більшості цих розробок на вітчизняних підприємствах згідно із затвердженими технічними умовами,

а на окремі отримано патенти на винахід із проведенням їх експертизи по суті.

Результати проведених теоретичних і експериментальних досліджень стали основою для підготовки вітчизняної нормативно-методичної бази з питань мікрозрошення, а саме:

- 14 національних стандартів;
- посібника до ДБН В.2.4–1–99 «Меліоративні системи і споруди» – «Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи визначення технологічних параметрів»;
- навчального посібника «Краплинне зрошення», рекомендованого Міністерством освіти і науки України;
- посібника з організації системи режимних спостережень для оцінювання стану ґрунтів;
- монографій та фахових наукових статей в періодичних виданнях, включених до наукометричних баз Scopus і Web of Science;
- понад 20 науково-практичних рекомендацій виробництву та ін.

Науково обґрунтовані інтенсивні технології мікрозрошення сільськогосподарських культур впроваджено в багатьох агрогосподарствах України на загальній площі понад 15 тис. га.

Показовими в цьому плані є багаторічні спільні науково-виробничі дослідження ІВПіМ НААН та компанії «Agrofusion» із розроблення технології краплинного зрошення томата розсадного з продуктивністю понад 120 т/га, яку успішно впроваджено на полях цього агропідприємства [17].

За напрямом «мікрозрошення сільськогосподарських культур» в ІВПіМ НААН за останні 15 років підготовлено і захищено 2 докторські та 17 кандидатських дисертацій.

Подальший розвиток мікрозрошення буде зорієнтовано на оптимізацію витрат поливної води та енергетичних ресурсів. Реалізація цього завдання передбачає:

- зниження тиску в мережі та зменшення діаметрів трубопроводів (відповідно – матеріалів на їх виготовлення), збільшення площі одночасного поливу (площі поливного модуля);
- впровадження і використання альтернативних джерел енергії для водопостачання систем зрошення: для підйому і подачі води на зрошення використовувати енергію сонця і вітру,
- використання поливних трубопроводів багаторічного терміну експлуатації з крапельницями компенсаційного типу;
- впровадження систем управління поливами з метою оптимізації водного режиму на основі використання ГІС-технологій, авто-

матичних датчиків вологості ґрунту, інтернет-метеостанцій тощо;

- зниження норм мінеральних добрив за рахунок впровадження системи удобрення на основі дискретного їх внесення з поливною водою;

- застосування пестицидів – внесення засобів захисту рослин з поливною водою;
- перехід до «*нової філософії*» технологій краплинного зрошення, яка полягає в плануванні та отриманні не максимального, а оптимального рівня врожайності з мінімальними питомими витратами і низькою собівартістю продукції.

Аналіз показує, що серед способів мікрозрошення перспективу має різновид краплинного способу зрошення із внутрішньогрунтовым розміщенням трубопроводів, як правило – на глибині від 15–20 см, який відомий у світовій практиці як «subsurface drip irrigation» (SDI) [18]. На сьогодні в Україні промислове використання цього способу зрошення перебуває на початковому етапі – реалізовано пілотні проекти на площі біля 4000 га і, на наше переконання, саме цей різновид краплинного зрошення має стати новим трендом у вітчизняній іригації.

Додаткові можливості у вирішенні завдання зменшення питомих витрат води на вирощування сільськогосподарської продукції має забезпечити поєднання технологій краплинного зрошення та системи землеробства «no-till», а також перехід на імпульсний (компенсаційний) режим водоподачі.

Висновки. Глобальні зміни клімату, продовольча криза на фоні зростаючого дефіциту водних ресурсів є передумовами для значного розширення використання способів мікрозрошення для поливу всіх сільськогосподарських культур. Згідно з положеннями «Стратегії...» [3] потенційна потреба України в системах мікрозрошення становить не менше 250 тис. га до 2030 р.

Подальше динамічне нарощування обсягів мікрозрошення потребуватиме державної підтримки через механізми компенсації вартості встановлення систем мікрозрошення для поливу сільськогосподарських культур.

Розвиток технологій та технічних засобів мікрозрошення в контексті водо- та енергозбереження створить передумови для найширшого його використання для вирощування практично всіх сільськогосподарських культур в умовах прогресуючого погіршення природного вологозабезпечення внаслідок змін клімату.

Бібліографія

1. Projections of air temperature and relative humidity in Ukraine regions to the middle of the 21st century based on regional climate model ensembles / Krakovska S.V. et al. // *Геоінформатика*. 2018. № 3(67). С. 62–77.
2. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво / Ромащенко М.І. та ін. // *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 2. С. 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>
3. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 21.11.2020).
4. Ayare B.L., Mane M.S., Magar S.S. Principles of Drip Irrigation System. New Delhi: Jain Brothers, 2014. 224 p.
5. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз // *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 14–22.
6. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Формування екологічно стійких агроландшафтів в умовах змін клімату // *Агроекологічний журнал*. 2013. № 4. С. 13–21.
7. Актуальні питання розвитку зрошення у контексті змін клімату / Ромащенко М.І. та ін. // *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2008. Спецвипуск. С. 21–27.
8. Наукові основи адаптації систем землеробства до змін клімату в Південному Степу України: монографія / Р.А. Вожегова та ін. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 751 с.
9. Нетіс І.Т. Зміна клімату в зоні зрошення // *Зрошуване землеробство*. 1994. Вип. 39. С. 7–12.
10. Вожегова Р.А. Наукові основи адаптування систем зрошеного землеробства до кліматичних змін – селекція та сортові технології // *Аграрні інновації*. 2020. № 1. 2020. С. 26–32. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.1.4>
11. Agricultural Water Management for Sustainable Rural Development: Annual Report 2018-2019. New Delhi: ICID. 2019. 98 p. URL: https://www.icid.org/ar_2018.pdf (дата звернення: 17.11.2020).
12. Про поливну кампанію 2020 року. URL: <https://buvrnd.gov.ua/pro-polivnu-kampaniyu-2020-roku.htm?ps=1> (дата звернення: 18.11.2020).
13. Капельное орошение. Пособие к СНиП 2.06.03-85 (21) «Мелиоративные системы и сооружения». Москва: В/О «Союзводпроект». 1985. 196 с.
14. Исследование основных параметров капельного орошения: отчет о НИР (промежуточный): инв. № А-120 / УкрНИИГиМ. Киев, 1973. 88 с.
15. Технології вирощування сільськогосподарських культур за краплинного зрошення (рекомендації – наукове видання) // За редакцією М.І. Ромащенко. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 379 с.
16. Перспективные технические разработки в области капельного орошения / Ромащенко М.И. и др. // *Овощеводство*. 2014. № 2(110). С. 54–57.
17. Черевичний Ю.О. Обґрунтування режиму краплинного зрошення томата розсадного для комбайнового збирання в умовах Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.02 «Сільськогосподарські меліорації». Київ, 2020. 23 с.
18. Douh B., Abdelhamid B. Subsurface drip irrigation and water management under semi-arid climate // *Advances in Environmental Research* / Editors : Justin A. Daniels. New York. 2012. P. 181–198.

References

1. Krakovska, S.V., Palamarchuk, L.V., Gnatiuk, N.V., & Shpytal, T.M. (2018). Projections of air temperature and relative humidity in Ukraine regions to the middle of the 21st century based on regional climate model ensembles. *Heoinformatyka*, 3(67). 62–77.
2. Romashchenko, M.I., Husyev, Y.V., Shatkovskiy, A.P., Saidak, R.V., Yatsyuk, M.V., Shevchenko, A.M., & Matiash, T.V. (2020). Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo [Impact of climate change on water resources and agricultural production]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 1, 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> [in Ukrainian]
3. Stratehiia zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku [Irrigation and drainage strategy in Ukraine until 2030]: Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy № 688-p. (2019, August 14). *Uriadovyi kurier*, 170. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> [In Ukrainian]
4. Ayare, B.L., Mane, M.S., & Magar, S.S. (2014). Principles of Drip Irrigation System. New

Delhi: Jain Brothers.

5. Tarariko, O.H., Iliencko, T.V., & Kuchma, T.L. (2016). Vplyv zmin klimatu na produktyvnist ta valovi zbory zernovykh kultur: analiz ta prohnoz [The impact of climate change on the productivity and gross harvest of cereals: analysis and forecast]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*, 1, 14–22. [in Ukrainian]

6. Tarariko, O.H., Iliencko, T.V., & Kuchma, T.L. (2013). Formuvannia ekolohichno stiikykh ahro-landshaftiv v umovakh zmin klimatu [Formation of ecologically sustainable agrolandscapes in the conditions of climate change]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, 4, 13–21. [in Ukrainian]

7. Romashchenko, M.I., Shatkovskiy, A.P., Savchuk, D.P., Shevchenko, A.M., & Ryabkov, S.V. (2008). Aktualni pytannia rozvytku zroshennia u konteksti zmin klimatu [Current issues of irrigation development in the context of climate change]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN»*, special issue, 21–27. [in Ukrainian]

8. Vozhehova, R.A. (Ed.). (2018). *Naukovi osnovy adaptatsii system zemlerobstva do zmin klimatu v Pivdennomu Stepu Ukrainy* [Scientific bases of adaptation of agricultural systems to climate change in the Southern Steppe of Ukraine]. Kherson: OLDI-PLUS.

9. Netis, I.T. (1994). *Zmina klimatu v zoni zroshennia* [Climate change in the irrigation zone]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 39, 7–12. [in Ukrainian]

10. Vozhehova, R.A. (2020). *Naukovi osnovy adaptuvannia system zroshuvanoho zemlerobstva do klimatychnykh zmin – selektsiia ta sortovi tekhnolohii* [Scientific bases of adaptation of irrigated agriculture systems to climate change – selection and varietal technologies]. *Ahrarni innovatsii*, 1, 26–32. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2020.1.4>. [in Ukrainian]

11. *Agricultural Water Management for Sustainable Rural Development: Annual Report 2016–2017*. (2018). New Delhi: ICID. Retrieved from: https://www.icid.org/ar_2018.pdf.

12. Pro polyvnu kampaniiu 2020 roku [About the irrigation campaign of 2020]. buvrnd.gov.ua. Retrieved from: <https://buvrnd.gov.ua/pro-polyvnu-kampaniyu-2020-roku.htm?ps=1>. [In Ukrainian]

13. *Kapelnoe oroshenye. Posobie k SNiP 2.06.03-85 (21) Melyorativnye sistemy i sooruzheniya* [Drip irrigation. Manual for building regulations Reclamation systems and facilities]. (1985). Moscow: Soiuzvodproekt. [in Russian]

14. UkrNIIGiM. (1973). *Issledovanie osnovnykh parametrov kapelnogo orosheniya* [The study of the main parameters of drip irrigation]. *Otchet o NIR (promezhutochnyi): inv. № A-120*. Kiev. [in Russian]

15. Romashchenko, M.I. (Ed.) (2015). *Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur za kraplynnoho zroshennia* [Technologies for growing crops under drip irrigation]. Kyiv: TsP «Komprynt». [in Ukrainian]

16. Romashchenko, M.I., Shatkovskiy, A.P., Bezruk, V.V., & Maidanovych, V.S. (2014). *Perspektyvnye tekhnicheskiye razrabotky v oblasti kapelnogo orosheniya* [Advanced technical developments in the field of drip irrigation]. *Ovoshchevodstvo*, 2(110), 54–57. [in Russian]

17. Cherevychnyi, Yu.O. (2020). *Obgruntuvannia rezhymu kraplynnoho zroshennia tomata rozsadnoho dlia kombainovoho zbyrannia v umovakh Stepu Ukrainy* [Substantiation of the drip irrigation regime of tomato seedlings for combine harvesting in the conditions of the Steppe of Ukraine]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: IWPLR. [in Ukrainian]

18. Douh, B., & Abdelhamid, B. (2012). *Subsurface drip irrigation and water management under semiarid climate*. Ed.: Justin A. Daniels. *Advances in Environmental Research*. New York.

**М.И. Ромащенко, А.П. Шатковский, В.В. Васюта,
А.В. Журавлев, С.В. Усатый, Л.Г. Усатая, И.Н. Овчатова**

Состояние и перспективы применения микроорошения в условиях изменения климата
Аннотация. В статье выполнен всесторонний анализ современного состояния, обоснованы перспективные направления развития способов микроорошения в Украине через призму климатических трансформаций. Приведена динамика площадей сельскохозяйственных культур, которые орошают при помощи способов микроорошения в мире и Украине, а также структуру площадей микроорошения в разрезе регионов Украины и видов сельскохозяйственных культур. Выделены крупнейшие агропредприятия, которые являются отечественными лидерами по внедрению способов микроорошения, производители оборудования и поставщики технических средств микроорошения. Современный этап развития микроорошения в Украине определен как уровень высокого понимания технологий его применения и постоянно растущего использования возможностей и расширения сфер применения этих способов орошения. Подчеркнуто большое значение отечественных научно-исследовательских учреждений в развитии и популяризации способов микроорошения. С применением теоретических методов научного исследования (анализ и синтез, сравнение, классифи-

кація и обобщение) систематизированы наиболее значимые научные результаты ИВПиМ НААН и приведен перечень подготовленных нормативных и методических документов по профилю микроорошения. Приведена потребность Украины в системах микроорошения сельскохозяйственных культур на период до 2030 года, обоснованы тенденции и перспективные направления развития способов микроорошения, которые соответствуют как общемировому тренду экологически безопасного орошения, так и принципам ресурсо- и энергосбережения. Определены важность государственной поддержки по внедрению способов микроорошения в части увеличения суммы бюджетных ассигнований по действующим программам государственной поддержки аграрного сектора экономики Украины.

Ключевые слова: изменения климата, способы микроорошения, капельное орошение, перспективные направления развития.

**M.I. Romashchenko, A.P. Shatkovskyi, V.V. Vasiuta,
O.V. Zhuravlov, S.V. Usatyi, L.G. Usata, I.M. Ovchatov**

State and prospects of microirrigation' application in the context of climate change

Abstract. The article provides a comprehensive analysis of the current state, reasonably promising directions for the development of microirrigation methods in Ukraine through the prism of climatic transformations. The dynamics of the areas of agricultural crops irrigated using microirrigation methods in the world and in Ukraine, as well as the structure of the areas of micro-irrigation in the context of regions of Ukraine and types of crops are shown. The largest agricultural enterprises, which are domestic leaders in the introduction of microirrigation methods, equipment manufacturers and suppliers of technical means of microirrigation, have been identified. The current stage of development of microirrigation in Ukraine is defined as a level of high understanding of technologies of its application and constantly growing use of opportunities and expansion of spheres of application of these methods of irrigation. The essential importance of domestic research institutions in the development and popularization of microirrigation methods is emphasized. With the use of theoretical methods of scientific research (analysis and synthesis, comparison, classification and generalization), the most significant scientific results of IWPaLM NAAS are systematized and a list of prepared regulatory and methodological documents in the direction of microirrigation is given. The need of Ukraine in microirrigation systems for agricultural crops for the period up to 2030 is given, trends and promising directions for the development of microirrigation methods that correspond to both the global trend of environmentally friendly irrigation and the principles of resource and energy conservation are given. The importance of state support for the introduction of microirrigation methods in terms of increasing the amount of budgetary allocations under the existing programs of state support for the agricultural sector of the Ukrainian economy is determined.

Key words: climate change, methods of micro-irrigation, drip irrigation, perspective directions of development.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-263>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/263>

УДК 631.67:63.001.05;63.001.57

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВУ ПОСУХИ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ВЕГЕТАЦІЙНОЇ ПОВЕРХНІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ПРИ ЗРОШЕННІ

О.І. Жовтоног¹, докт. с.-г. наук, В.В. Поліщук², канд. с.-г. наук, Л.А. Філіпенко³,
канд. геогр. наук, А.Ф. Салюк⁴, Я.О. Бутенко⁵, К.І. Чорна⁶

¹ ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН», Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-5966-9081>; e-mail: olgazhovtonog10@gmail.com;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0003-0429-7406>; e-mail: vitaliypolishchuk@ukr.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-6558-0462>; e-mail: filipenkolaris@gmail.com;

⁴ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0003-3968-1125>; e-mail: allasaluk@ukr.net;

⁵ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-1743-7175>; e-mail: iarynabulba@gmail.com;

⁶ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0003-1695-635X>; e-mail: St.Katrine90@gmail.com

Анотація. Представлено результати експериментальних досліджень, проведених протягом 2018–2019 років на дослідних полях господарства Каховського району Херсонської області з визначення особливостей формування теплового режиму посівів в умовах прояву атмосферної та ґрунтової посухи при зрошенні. Обґрунтовано параметри моделей волого-теплопереносу в приземному шарі повітря та в ґрунті, визначено параметри моделі продукційного процесу з метою уточнення розрахунків водоспоживання сільськогосподарських культур та відповідно удосконалення управління поливами для забезпечення більшої продуктивності сільськогосподарських культур. Розрахунки та аналіз енергетичного балансу дослідних полів показав суттєвий вплив посухи на продуктивність використання сонячної енергії. Результатами проведених досліджень у 2018–2019 рр. підтверджено найсильніше цей вплив проявляється при сумісній дії атмосферної та ґрунтової посухи. Встановлено, що за таких умов основними факторами, що впливають на процеси в середовищі «ґрунт-рослина-атмосфера» та уповільнюють продукційний процес рослин є: дефіцит активних вологозапасів у ґрунті при відхиленні термінів поливів більше ніж на три дні від рекомендованих; тривалі періоди з високими денними температурами повітря (більше 30 °С), що збільшують температуру підстилаючої поверхні та відповідно збільшують відношення між непродуктивною частиною теплової енергії, що йде на турбулентний обмін повітря у посівах, та продуктивною її складовою, що йде на випаровування та продукційний процес (число Боуена). Кількісна характеристика даних впливів залежить від інтенсивності та тривалості атмосферної посухи та якості оперативного управління поливами. Тому для планування поливів в умовах атмосферної посухи важливо зменшити тривалість періодів перевищення максимально допустимих температур підстилаючої поверхні ґрунту, при яких число Боуена коливається в межах 1,2–1,5, за рахунок проведення освіжаючих поливів. Якщо внаслідок різних причин при управлінні поливами все ж таки не вдається повністю уникнути прояву посухи, необхідним є коригування біокліматичних коефіцієнтів сумарного випаровування для врахування редуції випаровування в цих умовах.

Ключові слова: агромоніторинг, база даних, дистанційне зондування Землі, посуха, продукційний процес, управління зрошенням, тепловий режим.

Актуальність. Дослідженням комплексного впливу водного та енергетичного балансу в середовищі «ґрунт-рослина-атмосфера» на продуктивність вирощуваної сільськогосподарської продукції присвячено багато експериментальних та теоретичних досліджень вчених багатьох країн. Результатом цих робіт є закономірності впливу факторів природного середовища,

технологій вирощування сільськогосподарських культур на продукційний процес та продуктивність використання природних ресурсів. Закономірності, що були встановлені у ході виконання фундаментальних досліджень, покладені в основу численних моделей продукційного процесу та його складових, що використовуються в системах підтримки прийняття рішень з обґрунтування

технологій вирощування сільськогосподарських культур. Однією з таких систем підтримки прийняття рішень з управління зрошенням є інформаційна система оперативного планування зрошення «ГІС Полив», розроблена в ІВПІМ НААН [1]. У складі ІС при наявності в господарствах автоматизованих метеостанцій використовується відома модель розрахунку сумарного випаровування за методом ФАО [4], в основу якої покладено сумісне вирішення теплового та водного балансів за методом Пенмана–Монтейта та воднобалансова модель розрахунку добових значень динаміки вологості в активному шарі ґрунту. Розрахунки виконуються на основі оперативної інформації з господарств щодо погодних умов, стану та розвитку сільськогосподарських культур. Останнім часом практика управління зрошенням зіткнулась із новими викликами, що пов'язані зі змінами клімату та зростанням частоти та інтенсивності посух у південних регіонах. Крім того, у зрошуваному землеробстві з'явилися новітні технічні та технологічні можливості для більш ефективного управління технологічними процесами. Всі ці процеси, що відбуваються в реальному виробництві та на ринку науково-технічної продукції, обумовили можливість та необхідність вивчення впливу природних та господарських умов на процеси енергомасообміну в середовищі «ґрунт-рослина-атмосфера» з метою удосконалення методів управління поливами в сучасних умовах ведення зрошення.

Мета досліджень – дослідити на площі зрошуваної сівозміни протягом двох вегетаційних сезонів (2018–2019 рр.) прояви атмосферної та ґрунтової посух та її вплив на складові теплового режиму вегетаційної поверхні та продукційні процеси рослин на прикладі полів сої.

До завдань досліджень, крім досліджень процесів у середовищі «ґрунт-рослина атмосфера», відносилась також розробка реко-

мендацій щодо удосконалення методів планування режимів зрошення в умовах посухи.

Характеристика об'єкту проведення досліджень. Дослідження проводили на виробничих полях господарства ПрАТ «Фрідом Фарм Інтернешнл» у Каховському районі Херсонської області. Для проведення досліджень на сівозміні «Горностаївське-2» було обладнано дві експериментальні ділянки. Загальна площа ділянок складала 1231,6 га, із них під зрошенням – 1012,5 га. Середня площа поля дорівнювала 67 га. Основними культурами на зрошенні були соя (сорт К-8, К-6) та соняшник. Джерело зрошення – Сірогозьська зрошувальна система. На ділянках зрошення здійснювалось сучасними дощувальними машинами (ДМ) виробництва фірми Вауер. На рисунку 1 наведено схему розташування експериментальних ділянок, на яких були встановлені метеостанції (ліворуч – метеостанція Червона Поляна, праворуч – метеостанція Старолук'янівка).

Методика та методи дослідження. Методика експериментальних досліджень передбачала проведення на дослідних ділянках тепло-водобалансових та фенологічних спостережень за ростом та розвитком сільськогосподарських культур. На дослідних ділянках було встановлено дві сучасні автоматизовані інтернет-метеостанції фірми i-Metos, датчики вологості ґрунту Sentek Moisture та AquaSpry. У дослідженнях було застосовано сучасні технології одержання та обробки інформації (космічні знімки, моделі енергетичного балансу та дані автоматизованих метеостанцій).

Спостереження за погодними умовами включали спостереження за сумарною сонячною радіацією, швидкістю вітру, температурою та вологістю повітря, опадами. Водобалансові спостереження передбачали розрахунок за допомогою ІС «ГІС Полив» та контрольні визначення вологості кореневої частини ґрунту, облік норм та строків

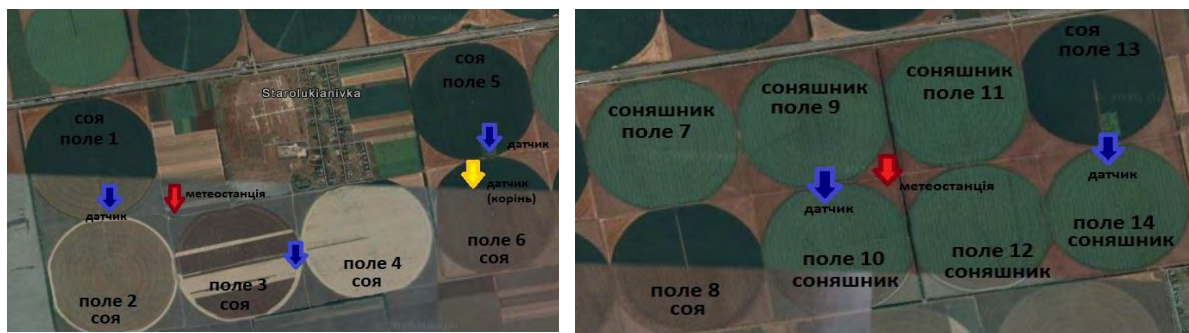


Рис. 1. Схема розташування експериментальних ділянок та культур у 2019 р.

проведення поливів та випадіння опадів. Вологість ґрунту визначали датчиками вологості та термостатно-ваговим методом. При проведенні досліджень використовували стандартні методики.

У дослідженнях використано відомі міжнародні та вітчизняні агроекологічні моделі та програмно-інформаційні комплекси: модель продукційного процесу WOFOST [2–3], інформаційну систему оперативного планування зрошення «ГІС Полив» [1]. Тепло-водобалансові розрахунки виконували за відомими моделями, по методиці ФАО [4]. Для спостережень за станом сільськогосподарських культур та визначення температури підстилаючої поверхні рослинного покриву використовували дані обробки космічних знімків.

Методи досліджень – аналітичний, польовий, імітаційного моделювання, математичної статистики, геоінформаційні технології (ГІС), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)

Результати досліджень.

Створення єдиної бази даних досліджень. Для аналізу та обробки результатів досліджень, отриманих протягом 2018–2019 рр. по полях господарств, створено єдину базу даних, до якої включено: інформацію про використання зрошення (культура, дата посіву, ґрунтові умови, стартові вологозапаси, зрошувальні машини та їх характеристики, строки та норми фактичних та рекомендованих поливів, дані врожаю); добові значення даних метеорологічних спостережень на двох метеостанціях, що розташовані на дослідних ділянках (температура повітря, кількість опадів, відносна вологість повітря, сумарна сонячна радіація, швидкість вітру, точка роси, випаровуваність); дані фенологічних спостережень; результати тепло-водобалансових розрахунків; результати обробки космічних знімків щодо стану посівів та температури підстилаючої поверхні. У таблиці 1 наве-

дено приклад структури бази даних, що було сформовано за результатами досліджень у 2019 році.

Аналіз погодних умов вегетаційного періоду 2018–2019 рр. та оцінка інтенсивності та тривалості ґрунтової та атмосферної посухи.

У цілому вегетаційні періоди 2018–2019 рр. характеризувалися як середньо посушливі, коли періоди з інтенсивними опадами змінювалися тривалими посушливими періодами з різною інтенсивністю прояву посухи. Так, протягом вегетаційного періоду 2019 р. спостерігалися періоди з адвекційними явищами атмосфери, під час яких опади випадали локально та нерівномірно у вигляді короткотривалих злив, що призводило до нерівномірності зволоження ґрунту по площі сівозміни. У той же час, у періоди активної вегетації спостерігались періоди з високими середньодобовими температурами повітря, що іноді досягали 25 °С, а максимальні температури повітря в такі дні підіймалися до 30–35 °С. На рисунку 2 наведено динаміку середньодобових та максимальних денних температур повітря за даними метеостанції Червона Поляна протягом вегетаційного періоду 2019 р.

Для оцінювання умов природного зволоження по роках досліджень використовували гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК), що визначається за відношенням суми опадів до 0,1 суми температур за період часу з температурою вище 10 °С. Даний коефіцієнт дозволяє оцінювати загальний ступінь прояву посухи в природних умовах. За роки досліджень у різні періоди вегетації спостерігались різні за тривалістю періоди слабкої, середньої та сильної посухи. Так, наприклад, за результатами розрахунків ГТК критичний період вегетації сої у 2018 р. був дуже посушливим (0,66). Умови сильної посухи спостерігались

1. Структура бази даних досліджень у 2019 р.

Показники	Експериментальна ділянка 1	Експериментальна ділянка 2
Кількість полів	6	8
Культура, сорт	Соя	Соя, соняшник
Режим зрошення (кількість поливів, норми, строки, тривалість поливу)	Фактичний та оптимальний	Фактичний та оптимальний
Зрошувальна норма м ³ /га та урожай сої, ц/га	4700 /45,24 (соя, поле 2)	4550 /44,59 (поле 13)
Кількість космічних знімків протягом вегетаційного сезону та вегетаційні індекси	NDVI (10), LST, LAI (6)	NDVI (10), LST, LAI (6)
Метеодані (температура повітря, сонячна радіація, відносна вологість, опади, швидкість вітру, ET ₀)	Метеостанція Червона Поляна	Метеостанція Старолук'янівка



Рис. 2. Динаміка максимальних денних та середньодобових температур повітря (Червона Поляна, 2019 р.)

у докритичний та після критичний період (0,47–0,5). Вегетаційний період 2019 р. за умовами природної вологозабезпеченості був середньопосушливим.

Для кількісної характеристики атмосферної та ґрунтової посухи безпосередньо на полях досліджень нами були використані індикатори, при яких спостерігається суттєвий вплив посухи на стан та розвиток біомаси сільськогосподарських культур [5]:

– індикатор атмосферної посухи – (ІАП), що визначається за тривалістю періоду, коли більше 10 днів поспіль максимальні денні температури повітря $\geq 30^{\circ}\text{C}$;

– індикатор ґрунтової посухи (ІГрП), що визначається за відхиленням значень вологозапасів в активному шарі ґрунту до ≥ 10 мм від оптимального рівня.

За результатами розрахунків наведених індикаторів по даних досліджень у 2018–2019 рр. на полях сої було встановлено чотири типи умов вологозабезпечення: а) оптимальні умови, що характеризувались відсутністю як атмосферної, так і ґрунтової посухи; б) періоди прояву атмосферної посухи; в) періоди прояву ґрунтової посухи; г) періоди, коли на фоні атмосферної посухи спостерігався також

дефіцит вологозапасів ґрунту. У таблиці 2 наведено кількість днів вегетаційного періоду, протягом яких проявлявся той чи інший тип умов вологозабезпечення.

Умови ґрунтової посухи спостерігались лише у 2018 р., у випадках, коли на окремих полях протягом певного періоду часу динаміка вологості ґрунту опускалась нижче критичного рівня. Це відбувалось внаслідок недотримання господарством рекомендованих поливів за розрахунками ІС «ГІС Полив». Суттєвий вплив на розвиток рослин спостерігався вже при відхиленні строків поливів від рекомендованих на 3–5 днів, коли дефіцит вологозапасів в активному шарі ґрунту досягав та перевищував 10 мм.

Дослідження теплового режиму рослинного покриву.

Для характеристики теплового режиму рослинного покриву необхідно знати рівень надходження, споживання і випромінювання енергії, параметри теплообміну. Тепловий режим вивчався нами на основі визначення складових енергетичного (теплового) балансу приземного шару повітря за методикою ФАО [4]. Для оцінки структури теплового балансу в тепло-балансових дослідженнях

2. Кількість днів з оптимальними умовами вирощування сої та тривалість періодів прояву різних видів посухи (2018–2019 рр.)

Рік	Номер полігона та поля	Період оптимальних умов зволоження	Період атмосферної посухи	Період дефіциту води в активному шарі ґрунту	Періоди атмосферної посухи на фоні дефіциту вологості ґрунту
2018	Полігон 1, поле 2	54	51	7	23
	Полігон 2, поле 12	52	60	4	19
2019	Полігон 1, поле 2	121	24	-	-

використовують число Боуена (відношення витрат енергії на турбулентність, LH , Mj/m^2 до витрат тепла на випаровування, LE , Mj/m^2) [6]. За динамікою цього показника можна оцінювати наскільки проведення поливів пом'якшує негативний вплив атмосферної посухи. У таблиці 3 наведено складові теплового балансу зрошуваного поля на початок поливу та через 2–4 дні після початку. Наведені дані свідчать про те, що кожен із вчасно проведених поливів сприяв дотриманню ефективного використання теплової енергії. Тобто число Боуена після поливу в таких умовах завжди було суттєво меншим одиниці.

Однак, у періоди атмосферної посухи, тобто на фоні високих денних температур повітря та низьких рівнях відносної вологості повітря, навіть при дотриманні оптимального зволоження ґрунту відбувається зниження інтенсивності транспірації сільськогосподарських культур внаслідок фізіологічних процесів закриття порохів рослин. Ці фізіо-

логічні процеси призводять до перегрівання рослинного покриву та збільшення витрат тепла на турбулентний обмін у посівах [7].

Спільний аналіз динаміки числа Боуена та динаміки максимальних температур повітря свідчить про вплив атмосферної посухи на збільшення непродуктивних витрат енергії в посівах. (Рис. 3).

Однак, порівняно з атмосферною, ґрунтова посуха ще більше впливає на показники теплового балансу та число Боуена. Найбільш негативний вплив на рослини відбувається в періоди, коли присутня як атмосферна, так і ґрунтова посуха. У таких екстремальних умовах число Боуена за результатами розрахунків показників теплового балансу 2018–2019 рр збільшується до 1,2–1,5. Це пояснюється більш високими значеннями редукції транспірації внаслідок зменшення відбору вологи коренями рослин при дефіциті вологи в ґрунті. Дію як ґрунтової, так і атмосферної посухи можна прослідкувати за індексом

3. Складові енергетичного балансу, число Боуена, максимальна добова температура повітря (поле 2, соя, 2019 р.)

Складові енергетичного балансу	Полив 12.06–17.06. – критичний період вегетації		
	день після поливу		
	12.06 (початок поливу)	14.06 (2-й день після поливу)	16.06 (4-й день після поливу)
LH , Mj/m^2	7,34	8,46	7,12
LE , Mj/m^2	25,39	20,30	24,90
$B = LH/LE$	0,29	0,42	0,32
T макс, $^{\circ}C$	34,01	32,6	35,1
Складові енергетичного балансу	полив 20.07–25.07. – критичний період вегетації		
	день після поливу		
	20.07 (початок поливу)	22.07 (2-й день після поливу)	24.07 (4-й день після поливу)
LH , Mj/m^2	8,26	8,17	8,32
LE , Mj/m^2	19,57	19,7	18,91
LH/LE	0,42	0,41	0,44
T макс, $^{\circ}C$	31,3	33,8	29,97
Складові енергетичного балансу	полив 26.07–30.07. – критичний період вегетації		
	день після поливу		
	26.07 (початок поливу)	28.07 (2-й день після поливу)	30.07 (4-й день після поливу)
LH , Mj/m^2	8,13	7,97	8,87
LE , Mj/m^2	19,44	19,83	17,60
$B = LH/LE$	0,42	0,40	0,5
T макс, $^{\circ}C$	30,66	33,03	36,34
Складові енергетичного балансу	полив 12.08–17.08. – післякритичний період вегетації		
	день після поливу		
	12.08 (початок поливу)	14.08 (2-й день після поливу)	16.08 (4-й день після поливу)
LH , Mj/m^2	8,44	8,67	8,94
LE , Mj/m^2	18,39	19,11	15,69
LH/LE	0,46	0,45	0,57
T макс, $^{\circ}C$	33,67	32,46	30,02

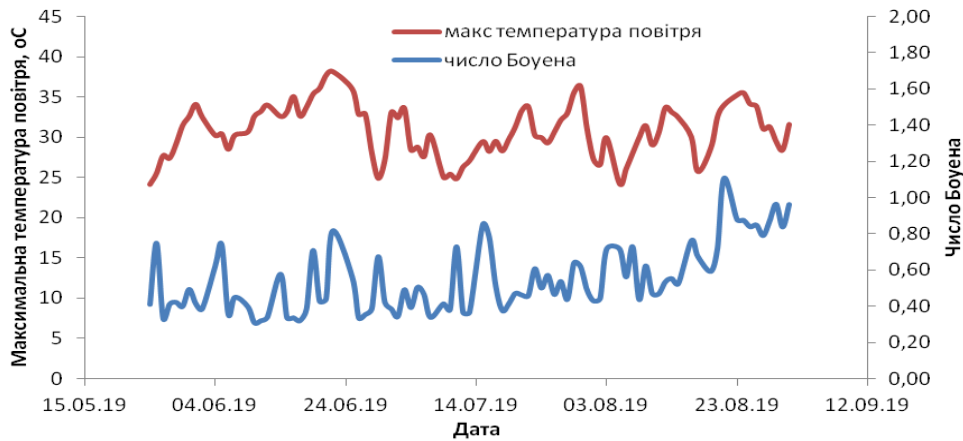


Рис. 3. Динаміка співвідношення числа Боуена та максимальних денних температур повітря (метеостанція Червона Поляна, 2019 р.)

температури вегетаційної поверхні [8], що визначається за даними космічних знімків. Цей індекс має високий кореляційний зв'язок з числом Боуена (рисунок 4–5, за даними 2018–2019 рр.) [9].

На картах індексів температури вегетаційної поверхні (LST), що отримані за даними ДЗЗ, добре видно відмінності між різними варіантами прояву посухи.

Виходячи із закономірностей теплового балансу вегетаційної поверхні та фізіологічних процесів у рослинах, в умовах тривалих періодів з екстремальними денними температурами повітря, необхідним стає управління мікрокліматичним ефектом зрошення, тобто планування, крім традиційних поливів, додаткових освіжаючих поливів мінімально допустимою поливною нормою. Для визначення термінів освіжаючих поливів важливим є ведення моніторингу за інтенсивністю та тривалістю атмосферної посухи. До того ж потрібно не допускати відхилення термінів

основних поливів від рекомендованих для запобігання появи ґрунтової посухи.

У разі, якщо посіви вже зазнали впливу атмосферної посухи та відбулись певні процеси редукції сумарного випаровування та уповільнення продукційного процесу рослин, при оперативному плануванні поливів слід враховувати актуальний стан біомаси сільськогосподарських культур та вводити необхідні коригування в розрахунки сумарного випаровування. Для цього можна застосовувати існуючі системи космічного агромоніторингу типу Fieldlook [10], що використовують дані космічних знімків та моделювання водоспоживання сільськогосподарських культур за допомогою моделі енергетичного балансу SEBAL [11], виходячи з актуальних значень біомаси сільськогосподарських культур та радіаційного балансу земної поверхні. В умовах посухи визначення сумарного випаровування на площах великих зрошуваних масивів можна також здійснювати на основі

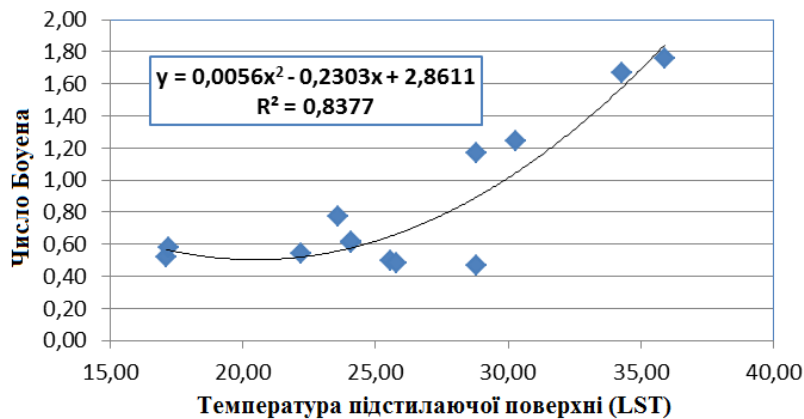


Рис. 4. Залежність між числом Боуена та індексом температури вегетаційної поверхні (LST), що отриманий за даними ДЗЗ (2018–2019 рр.)

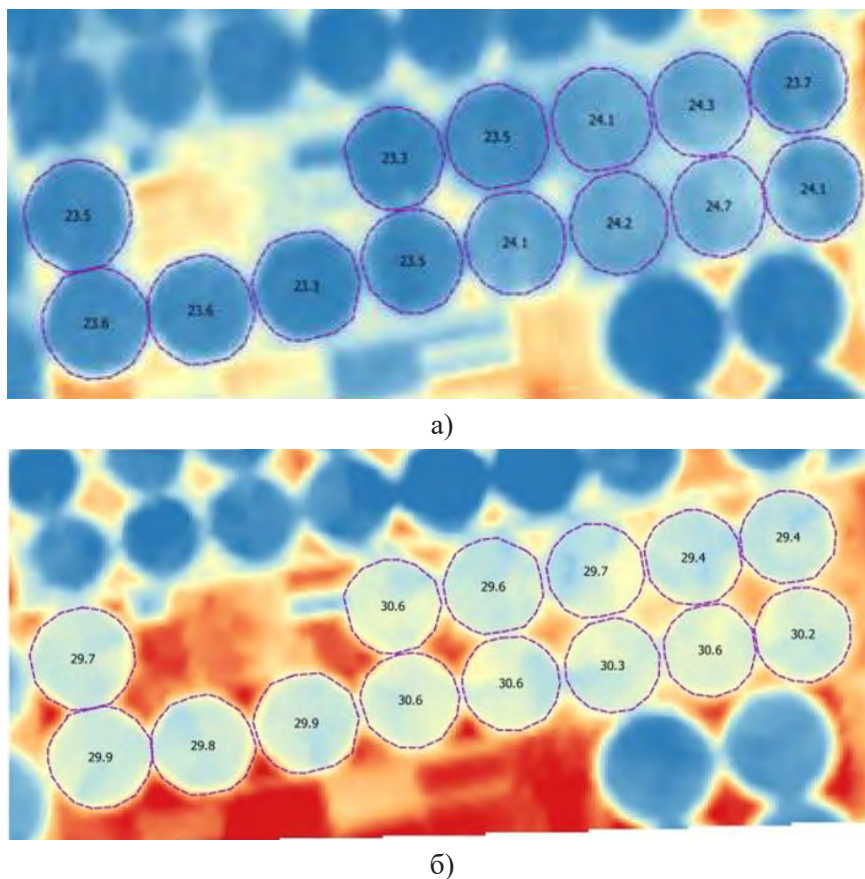


Рис. 5. Температура підстилаючої поверхні в умовах водного стресу рослин при різних варіантах прояву посухи, °С:
 а) 30.07 – атмосферна посуха б) 15.08 – атмосферна та ґрунтова посух

використання моделі продукційного процесу WOFOST [2–3] та даних фактичних значень листового індексу, які визначаються за даними космічних знімків.

Слід також зауважити, що крім адаптації методів оперативного планування режимів зрошення в умовах посухи важливим є застосування комплексу інших агротехнічних та меліоративних заходів (регулювання густоти посівів, застосування спеціальних мінімальних видів обробітку ґрунту, проміжних посівів та мульчування та ін.). Останнім часом в агрономічній практиці все більше розповсюджується застосування спеціальних речовин (абсцизова кислота, фенілмеркурацетат та ін.) [12; 13], що збільшують резистентність рослин до негативного впливу посухи, особливо при дії ґрунтової посухи, коли неможливо забезпечити оптимальне зрошення, або зрошення зовсім відсутнє.

Висновки та рекомендації. При виконанні експериментальних досліджень в умовах ведення зрошення в реальному виробництві протягом вегетаційних сезонів 2018–2019 рр.

за даними автоматизованих метеостанцій та розрахунків вологозапасів ґрунту з використанням інформаційної системи оперативного планування зрошення ІС «ГІС-Полив» встановлено різні періоди прояву атмосферної (60 днів у 2018 р. та 24 дні у 2019 р.), ґрунтової (7 днів у 2018 р.) та атмосферної та ґрунтової посухи, що мали місце одночасно (до 23 дні у 2018 р.) та вивчено в цих умовах особливості формування теплового режиму вегетаційної поверхні та продукційного процесу рослин на площах полів, що були зайняті під посіви сої.

В умовах посухи в посівах зменшувалась продуктивність використання сонячної енергії, що обумовлювалось збільшенням показників витрат тепла, яке йде на турбулентний обмін повітря, відносно до обсягів енергії, що витрачалась рослинами на випаровування, тобто продукційний процес рослин. Найбільших значень це відношення, відоме як число Боуена, досягає (1.2–1.5) у періоди одночасного прояву ґрунтової та атмосферної посух.

Для оцінки масштабів прояву посухи та її впливу на тепловий режим посівів одночасно на великих площах зрошуваних масивів запропоновано використовувати індекс температури вегетаційної поверхні, що визначається за даними космічних знімків і має високий кореляційний зв'язок з числом Боуена ($R^2 = 0,98$). Цей індекс також може бути застосований як індикатор для призначення термінів проведення освіжаючих поливів для уникнення редукції сумарного водоспоживання та відпо-

відно уповільнення продукційного процесу в умовах атмосферної посухи.

В умовах, коли посіви вже зазнали негативного впливу посухи, запропоновано застосовувати різні методи коригування сумарного випаровування та оперативних планів поливів сільськогосподарських культур (на основі використання даних космічного моніторингу; моделі енергетичного балансу SEBAL; моделі продукційного процесу рослин WOFOST).

Бібліографія

1. Комп'ютерна програма «Інформаційна система оперативного планування зрошення ІС «ГІС Полив» («ІС «ГІС Полив»))», автори: Жовтоног О.І., Філіпенко Л.А., Деменкова Т.Ф., Бабич В.А., Поліщук В.В. (Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір № 54650 від 07.05.2014).
2. Van Diepen C.A., Wolf J., Keulen H.van, Rappoldt C. WOFOST: a simulation model of crop production // *Soil use and management*. 1989. Vol. 5. Number 1. P. 16–25.
3. Abadi, F.R., Tastra, I.K., Koentjoro, B.S. Preliminary study of WOFOST crop simulation in its prospect for soybean (*Glycine max L.*) optimum harvest time and yield gap analysis in East Java // *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 40. No 3. P. 544–555.
4. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D.S., Smith, M.L. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements / FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and agricultural organization of the United Nations. Rome. 1998. 300 p.
5. Врахування змін клімату та інтенсивності посух при плануванні зрошення в зоні Південного Степу України / Жовтоног О.І. та ін. // *Меліорація і водне господарство*. 2018. Вип. 107(1). С. 37–46.
6. On the relationship between the Bowen ratio and the near-surface air temperature / Cho, J. et al. // *Theoretical and Applied Climatology*. 2012. Vol. 108. P. 135–145.
7. Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S.A., Farooq, A., Zohaib, A., Huang, J. Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options // *Frontiers in plant science*. 2017. Vol. 8. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01147/full> (дата звернення: 07.04.2020 р).
8. Colaizzi P.D., O'Shaughnessy S.A., Evett S.R., Howell T.A. Using plant canopy temperature to improve irrigated crop management // *Proceedings of the 24th Annual Central Plains Irrigation Conference, Colby, Kansas*. 2012. February 21–22. P. 203–223.
9. Закономірності енергомасообміну в середовищі «грунт-рослина-атмосфера» в сучасних кліматичних та господарських умовах використання зрошення / Жовтоног О.І. та ін. // *Меліорація і водне господарство*. 2018. Вип. 108(2). С. 19–28.
10. FIELDLOOK Company Inc. <https://fieldlook.com/fieldlook20/index.php/en/> (дата звернення: 03.11.2020 р).
11. SILVA, Bruno Bonemberger da et al . Satellite-based ET estimation using Landsat 8 images and SEBAL model. *Rev. Ciênc. Agron., Fortaleza* , v. 49, n. 2, p. 221-227, June 2018. Available at: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902018000200221&lng=en&nrm=iso. (дата звернення: 02.11.2020 р). <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20180025>.
12. Sah S.K., Reddy K.R., Li J. Abscisic Acid and Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants // *Frontiers in plant science*. 2016. Vol. 7. Article 571.
13. Bodner G., Nakhforoosh A., Kaul, H.P. Management of crop water under drought: a review // *Agronomy for Sustainable Development*. 2015. Vol. 35, P. 1–43.

References

1. Zhovtonoh, O.I., Filipenko, L.A., Demenkova, T.F., Babych, V.A., & Polishchuk, V.V. (2014). Komp'yuterna prohrama. Informatsiyna systema operatyvnoho planuvannya zroshennya IS GIS Polyv [Computer program Informational system of irrigation planning] Svidotstvo pro reyestratsiyu avtors'kykh prav na tvir № 54650 vid 07.05.2014. [in Ukrainian]
2. Van Diepen, C.A., Wolf, J., van Keulen, H., & Rappoldt, C. (1989). WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil use and management*, 5, 1, 16–25.

3. Abadi, F.R., Tastra, I.K., & Koentjoro, B.S. (2018). Preliminary study of WOFOST crop simulation in its prospect for soybean (*Glycine max* L.) optimum harvest time and yield gap analysis in East Java. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 40, 3, 544–555.
4. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D.S., & Smith, M.L. (1998). *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*: Rome, United Nations Food and Agricultural Organization, FAO Irrigation and Drainage Paper, 56. 300.
5. Zhovtonoh, O.I., Filipenko, L.A., Demenkova, T.F., Polishchuk, V.V., & Butenko, Ya.O. (2018). Vrakhuvannia zmin klimatu ta intensyvnosti posukh pry planuvanni zroshennia v zoni Pivdennoho Stepu Ukrainy [Irrigation planning taking into account climate change and draughts intensity in the Steppes zone of South Ukraine]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 107(1), 37–46. [in Ukrainian]
6. Cho, J., Oki, T., Yeh, P.J.F., Kim, W., Kanae, S., & Otsuki, K. (2012). On the relationship between the Bowen ratio and the near-surface air temperature // *Theoretical and Applied Climatology*, 108, 135–145.
7. Fahad, S., Bajwa, A.A., Nazir, U., Anjum, S.A., Farooq, A., Zohaib, A., & Huang, J. (2017). *Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options*. *Frontiers in plant science*, Vol. 8.
8. Retrived from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01147/full>.
9. Colaizzi, P.D., O'Shaughnessy, S.A., Evett, S.R., & Howell, T.A. (2012). Using plant canopy temperature to improve irrigated crop management. *Proceedings of the 24th Annual Central Plains Irrigation Conference*, Colby, Kansas, February 21–22, 203–223.
10. Zhovtonoh, O.I., Filipenko, L.A., Polishchuk, V.V., Saliuk, A. F., & Khomenko, A.V. (2018). Zakonomirnosti enerhomasoobminu v seredovyshchi «hrunt-roslyna-atmosfera» v suchasnykh klimatychnykh ta hospodarskykh umovakh vykorystannia zroshennia [Patterns of energy-mass exchange in soil-plant-atmosphere environment under current climatic and economic conditions for irrigation]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 108(2), 19–28. [in Ukrainian]
11. FIELDLOOK Company Inc. eleaf.com. Retrieved from: <https://fieldlook.com/fieldlook20/index.php/en/>.
12. Silva, Bruno Bonemberger da, Mercante, Erivelto, Boas, Marcio Antonio Vilas, Wrublack, Suzana Costa, & Oldoni, Lucas Volochen. (2018). Satellite-based ET estimation using Landsat 8 images and SEBAL model. *Revista Ciência Agronômica*, 49(2), 221–227. <https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20180025>.
13. Sah, S.K., Reddy, K.R., & Li, J. (2016). Abscisic Acid and Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants. *Frontiers in plant science*, 7, 571.
14. Bodner, Gernot & Nakhforoosh, Alireza & Kaul, Hans-Peter. (2015). Management of crop water under drought: a review. *Agronomy for Sustainable Developmen*, 35. 1–43.

**О.И. Жовтоног, В.В. Полищук, Л.А. Филиппенко,
А.Ф. Салюк, Я.О. Бутенко, К.И. Чорна**

**Исследование проявления засухи и ее влияния на тепловой режим
вегетационной поверхности сельскохозяйственных культур при орошении**

***Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных в течение 2018–2019 годов на опытных полях хозяйства Каховского района Херсонской области по определению особенностей формирования теплового режима посевов в условиях проявления атмосферной и почвенной засухи при орошении. Обоснованно параметры моделей влаго-телопереноса в приземном слое воздуха и в почве, определены параметры модели продукционного процесса с целью уточнения расчетов водопотребления сельскохозяйственных культур и соответственно совершенствования управления поливами для обеспечения большей производительности сельскохозяйственных культур. Расчеты и анализ энергетического баланса опытных полей показали существенное влияние засухи на продуктивность использования солнечной энергии. Результатами проведенных исследований в 2018–2019 гг. подтверждено, что в наибольшей степени это влияние проявляется при совместном действии атмосферной и почвенной засух. Установлено, что при таких условиях основными факторами, влияющими на процессы в среде «почва-растение-атмосфера» и замедляющими продукционный процесс растений являются: дефицит активных влагозапасов в почве при отклонении сроков поливов более чем на три дня от рекомендованных; длительные периоды с высокими дневными температурами воздуха (более 30 °C), увеличивающими температуру подстилающей поверхности и соответственно увеличивают отношение между непродуктивной частью тепловой энергии, идущей на турбулентный обмен воздуха в посевах и продуктивной ее составляющей, которая идет на испарение и продукционный процесс (число Боуэна).*

Количественная характеристика данных воздействий зависит от интенсивности и продолжительности атмосферной засухи и качества оперативного управления поливами. Поэтому, для планирования поливов в условиях атмосферной засухи, важно уменьшить продолжительность периодов превышения максимально допустимых температур подстилающей поверхности почвы, при которых число Боуэна колеблется в пределах 1,2–1,5, за счет проведения освежающих поливов. Если в результате различных причин при управлении поливами все же не удастся полностью избежать проявления засухи, необходима корректировка биоклиматических коэффициентов суммарного испарения для учета редукиции испарения в этих условиях.

Ключевые слова: агромониторинг, база данных, дистанционное зондирование Земли, засуха, продукионный процесс, управление орошением, тепловой режим.

**O.I. Zhovtonog, V.V. Polishchuk, L.A. Filipenko,
A.F. Saliuk, Ya.O. Butenko, K.I. Chorna**

Study of drought manifestation and its effect

on the thermal regime of vegetation surface of crops under irrigation

Abstract. The results of experimental studies conducted during 2018–2019 in the experimental fields of Kakhovka district in Kherson region to determine the features of the thermal regime of crop formation under conditions of atmospheric and soil droughts during irrigation are presented. The parameters of water-heat transfer models in the surface layer of the atmosphere and in the soil are substantiated. The parameters of the production process model are determined to clarify the calculations of crop water consumption and improve irrigation management to ensure the high crop productivity. The calculations and analysis of the energy balance of the experimental fields have proved a significant impact of drought on the productivity of solar energy use. According to the research, conducted in 2018–2019, it was confirmed that effect is most visible in the common influence of atmospheric and soil droughts. It was established that under such conditions the main factors influencing the processes in the environment “soil-plant-atmosphere” and slowing down the production process of crops are: lack of active soil moisture when the watering period deviates by more than three days from the recommended one; long periods with high daytime air temperatures (higher than 30 °C), which increase the land surface temperature and, accordingly, increase the ratio between the unproductive part of thermal energy going to turbulent air exchange in crops and its productive component going to evaporation and production process (Bowen ration). The quantitative characteristics of these effects depend on the intensity and duration of atmospheric drought and the quality of operational irrigation management. Therefore, to plan irrigation in drought conditions, it is important to reduce the periods of exceeding the maximum allowable land surface temperature, at which the Bowen ratio varies between 1.2–1.5, by using refreshing irrigation. If, for various reasons, the management of irrigation still does not completely avoid the manifestation of drought, it is necessary to adjust the bioclimatic crop coefficients of total evaporation and to take into account the reduction of evaporation in these conditions.

Key words: monitoring, database, remote sensing of the Earth, drought, production process, irrigation management, thermal regime.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-251>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/251>

УДК 631.672:631.587:633.18 (477)

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМУ ҐРУНТОВИХ ВОД ДЛЯ РИСОВИХ СИСТЕМ, ЯК ОДНОГО З ГОЛОВНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕЛІОРАТИВНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ

К.В. Дудченко¹, канд. с.-г. наук, Т.М. Петренко², м.н.с., О.І. Флінта³, м.н.с., М.М. Дацюк⁴, м.н.с.

¹ Інститут рису Національної академії аграрних наук, с. Антонівка, Херсонська область, Україна; <https://orcid.org/0000-0001-5567-7690>, e-mail: catherin.dudchenko@gmail.com;

² Інститут рису Національної академії аграрних наук, с. Антонівка, Херсонська область, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-5096-5973>, e-mail: chemical777@gmail.com;

³ Інститут рису Національної академії аграрних наук, с. Антонівка, Херсонська область, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-4181-3836>, e-mail: aflinta.83@gmail.com;

⁴ Інститут рису Національної академії аграрних наук, с. Антонівка, Херсонська область, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-4128-3997>

Анотація. Метою дослідження є побудова прогнозних моделей основних показників гідрогеолого-меліоративного стану рисових зрошувальних систем, на прикладі рівня підґрунтових вод, для збереження їх родючості та підвищення ефективності. Моделі розроблено для дослідних – рисова зрошувальна система Інституту рису НААН України, площею 190 га та виробничих умов – Тарасівська рисова зрошувальна система, площею 350 га. Обидві рисові зрошувальні системи експлуатуються понад 50 років. Ґрунтовий покрив представлений темно-каштановим солонцюватим, лучно-каштановим солонцюватим та солонцем лучним. На рисових зрошувальних системах використовується сівозміна з наповненістю рисом не більше 50 %. Прогнозні моделі побудовані за методом трипараметричного згладжування у програмі Statistica 10.0, із використання даних Гідрогеолого-меліоративної ділянки БУВР Нижнього Дніпра та власних досліджень, за період 28 років. Прогноз виконано на період 5 років, із визначенням досліджуваного параметра щомісячно. Прогноз, розроблений на основі побудованої моделі для дослідної рисової зрошувальної системи, показує, що рівень ґрунтових вод буде знижуватись за 2019–2024 рр. та варіюватиметься в межах 1,20–2,23 м. Прогнозна модель режиму ґрунтових вод, розроблена для виробничих умов, свідчить, що досліджуваний показник буде підвищуватись у період 2018–2023 рр. та змінюватиметься в межах 2,13–2,85 м. Аналіз результатів моделювання режиму ґрунтових вод рисових зрошувальних систем підтверджує, що, як на дослідній, так і на виробничій рисових зрошувальних системах, за прогнозований період, досліджуваний показник буде знижуватись у міжполивний період року, нижче 2,0 м. Моніторинг режиму ґрунтових вод на рисових зрошувальних системах є одним із найбільш ефективних методів формування якісних баз даних для створення прогнозів явища підтоплення та розробки ефективних заходів в боротьбі з його негативними наслідками.

Ключові слова: рис, рисова зрошувальна система, рівень підґрунтових вод, прогноз, модель.

Постановка проблеми. Серед геоекологічних загроз у Херсонській області найбільший розвиток має підтоплення. Треба зазначити, більшість заходів щодо запобігання підтопленню малоефективні і не дають очікуваних результатів. Основною причиною цього явища є відсутність комплексної оцінки причин підтоплення та наукового обґрунтування заходів, спрямованих на поліпшення ситуації. Відсутність просторового аналізу та моделювання процесів підтоплення призводить до погіршення ситуації і дедалі більших еколого-економічних збитків [1]. В умовах Херсонської області на землях із високим рівнем залягання ґрунтових вод спостерігаються процеси підтоплення, вторинного гідроморфізму, засолення, осолонцювання

ґрунтів та інше. При розробці заходів запобігання підтопленню земель слід виходити з реальних можливостей антропогенного впливу на фактори підтоплення: іригаційними і організаційно-господарськими можна повністю управляти, гідрогеологічні умови можна певною мірою поліпшити [2].

Важливим напрямком вирішення проблеми є моніторинг, він – складова частина програми і полягає в розробці принципів побудовання системи спостережень за найбільш важливими характеристиками природного середовища [3].

Актуальність дослідження. Перевагою таких досліджень є те, що враховуються не лише статичні фактори захищеності, а й її динамічна складова – техногенне наван-

таження, гідродинамічні умови. Завдяки застосуванню ГІС-технологій можна оперативно оцінювати умови захищеності при зміні техногенних факторів, при цьому оновивши лише базу даних.

Рівень ґрунтових вод (РГВ) є одним з індикаторів технічного стану рисової зрошувальної системи. Багатьма вченими встановлена пряма корелятивна залежність врожайності рису від меліоративного стану земель. У зв'язку з тим, що на ділянках з близьким стоянням ґрунтових вод відбувається посилення відновлювальних процесів в верхніх горизонтах ґрунту, це призводить до накопичення не тільки шкідливих солей, а і закисних форм заліза, сірководню, рухомих форм марганцю і амонійного азоту, зростанню величини рН і зменшенню вмісту нітратного азоту. На час посіву рису ґрунт не встигає добре окислитися, до того ж деякі сполуки викликають сильну зрідженість сходів і зниження врожайності рису [4–5].

Важливим фактором формування сучасного стану ґрунтового покриву рисових зрошувальних систем (РЗС) є особливості водно-солевого, поживного режимів та режиму ґрунтових вод.

Вважається, що при заляганні ґрунтових вод на глибині більше 3–4 м режим останніх є нейтральним та не впливає на розвиток рослин [6]. При глибині ґрунтових вод 0,5–1 м від поверхні їх режим оцінюється як критичний. Коли РГВ складає від 0,5 (1,0) м до 3,0 (4,0) м, то режим ґрунтових вод оцінюється як оптимальний (нейтральний), за умови низької мінералізації води. У випадку підвищеної мінералізації, навіть за вище згаданих глибин залягання, залежно від сільськогосподарських культур, буде відмічатись негативний вплив [7].

Дослідження вітчизняних вчених свідчать про те, що в умовах підвищеної небезпеки заболочення і засолення ґрунтів, підтримання їх родючості на сталому рівні забезпечується підтриманням РГВ на глибині більше 1,5 м від поверхні землі у міжвегетаційний період [8–10].

Мета. Виконати прогнозування основних показників гідрогеолого-меліоративного стану РЗС, на прикладі рівня ґрунтових вод.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводяться на дослідній рисовій зрошувальній системі Інституту рису НААН, площею 190 га та виробничій Тарасівській рисовій зрошувальній системі, площею 350 га, що експлуатуються понад 50 років в проектному режимі. На обох рисових зрошувальних системах використовується сівозміна з наповненістю основною культурою рису не більше

50%. Рис вирощувався за загальноприйнятими технологіями з врахуванням вимог охорони навколишнього середовища, супутні сільськогосподарські культури (соя, озима пшениця, ярий ячмінь, люцерна). Ґрунтовий покрив представлено темно-каштановим солонцюватим, лучно-каштановим солонцюватим та солонцем лучним. Джерело зрошення Олександрівський магістральний канал.

Прогностична модель режиму ґрунтових вод рисових зрошувальних систем розроблена за допомогою методу трипараметричного згладжування, що враховує сезонні коливання у програмі Statistica 10.0. Модель побудована на основі даних Гідрогеолого-меліоративної дільниці БУВР Нижнього Дніпра та власних досліджень за період 28 років, заміри виконували щомісяця.

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз ретроспективних даних підтверджує тісний лінійний зв'язок між урожайністю рису та рівнем ґрунтових вод в умовах півдня України (коефіцієнт коливається від 0,93 до 0,98). Дослідження свідчать, що РГВ до посіву рису нижче 1,6 м негативно не впливає на урожайність.

За вирощування рису режим зрошення є одним з факторів, що має найбільший вплив на режим РГВ впродовж року. Перепад рівнів ґрунтових вод за рік коливається від 0,5 м до 1,0 м.

Максимальне значення показника РГВ дослідної РЗС протягом досліджуваного періоду становило – 4,25 м, мінімальне – 0,15, що незначно відрізняється від значення моделі (табл. 1). Інтервал вибірки складає 4,19 м для фактичних даних та 3,88 м для моделі. Асиметричність ряду правостороння. Коефіцієнт варіації (0,59% – фактичні дані, 0,55% – модель) свідчить про низьку мінливість досліджуваного параметра і однорідність ряду даних. Коефіцієнт Ст'юдента (1,97) свідчить про достовірність як фактичних даних, так і моделі. Тісний зв'язок між моделлю режиму ґрунтових вод дослідної РЗС та фактичними даними підтверджується коефіцієнтом кореляції 0,96.

Значення параметрів згладжування визначається на основі статистичної оцінки моделей (табл. 2). Модель режиму ґрунтових вод дослідної РЗС побудовано з використанням коефіцієнтів $\alpha = 0,50$, $\beta = 0,10$, $\gamma = 0,10$ (рис. 1).

Модель режиму ґрунтових вод виробничої РЗС побудовано з використанням коефіцієнтів $\alpha = 0,50$, $\beta = 0,10$, $\gamma = 0,10$ (рис. 2). Прогноз становить 5 років (табл. 3).

На виробничій РЗС максимальне значення

1. Статистична оцінка прогностичної моделі рівня ґрунтових вод дослідної РЗС та фактичних даних

№ п/п	Назва статистичної характеристики	Фактичні дані	Модель
1	Середнє	1,25	1,34
2	Стандартна помилка	0,04	0,04
3	Медіана	1,15	1,25
4	Мода	0,62	-
5	Стандартне відхилення	0,74	0,73
6	Ексцес	1,40	0,45
7	Асиметричність	1,12	0,71
8	Інтервал	4,10	3,88
9	Мінімум	0,15	0,18
10	Максимум	4,25	4,06
11	Сума	447,00	560,00
12	Рахунок	357	420
13	Коефіцієнт варіації	0,59	0,55
14	Критерій Ст'юдента	1,97	1,97

2. Аналіз параметрів згладжування для прогностичної моделі рівня ґрунтових вод дослідної РЗС

Альфа	Бета	Гамма	Середня похибка	Середня абсолютна похибка	Сума квадратів	Середні квадрати	Середня похибка, %	Середня абсолютна похибка, %
0,50	0,10	0,10	0,00	0,15	17,68	0,05	-1,12	14,95
0,50	0,20	0,10	0,00	0,15	18,28	0,05	-1,22	15,12
0,50	0,10	0,20	0,00	0,16	18,53	0,05	-0,59	15,43
0,50	0,30	0,10	0,00	0,16	18,62	0,05	-1,27	15,32
0,50	0,40	0,10	0,00	0,16	18,89	0,05	-1,33	15,56
0,50	0,10	0,30	0,00	0,17	19,45	0,05	-0,40	16,14
0,50	0,50	0,10	0,00	0,16	19,48	0,05	-1,44	15,97
0,50	0,20	0,20	0,00	0,16	19,61	0,05	-0,69	15,71
0,50	0,10	0,70	0,00	0,17	20,09	0,06	0,19	16,47
0,50	0,30	0,20	0,00	0,16	20,10	0,06	-0,73	16,05

3. Аналіз параметрів згладжування для прогностичної моделі режиму ґрунтових вод виробничої РЗС

Альфа	Бета	Гамма	Середня похибка	Середня абсолютна похибка	Сума квадратів	Середні квадрати	Середня похибка, %	Середня абсолютна похибка, %
0,50	0,10	0,10	-0,02	0,13	11,87	0,04	-0,59	5,29
0,50	0,10	0,20	-0,02	0,13	12,20	0,04	-0,55	5,36
0,50	0,20	0,10	-0,02	0,13	12,28	0,04	-0,60	5,37
0,50	0,10	0,30	-0,02	0,13	12,51	0,04	-0,54	5,34
0,50	0,20	0,20	-0,02	0,14	12,64	0,04	-0,57	5,45
0,50	0,10	0,40	-0,02	0,13	12,71	0,04	-0,53	5,29
0,50	0,10	0,50	-0,02	0,13	12,78	0,04	-0,52	5,17
0,50	0,30	0,10	-0,02	0,14	12,85	0,04	-0,62	5,49
0,50	0,20	0,30	-0,02	0,14	12,91	0,04	-0,55	5,43
0,50	0,20	0,40	-0,02	0,13	13,02	0,04	-0,54	5,35

РГВ складає – 3,78 м, мінімальне – 1,39, що незначно відрізняється від значення моделі (табл. 4). Інтервал вибірки складає 2,39 м для фактичних даних та 2,65 м для

моделі. Асиметричність ряду лівостороння. Коефіцієнт варіації (0,27% – фактичні дані, 0,26% – модель) свідчить про низьку мінливість досліджуваного параметра і однорід-

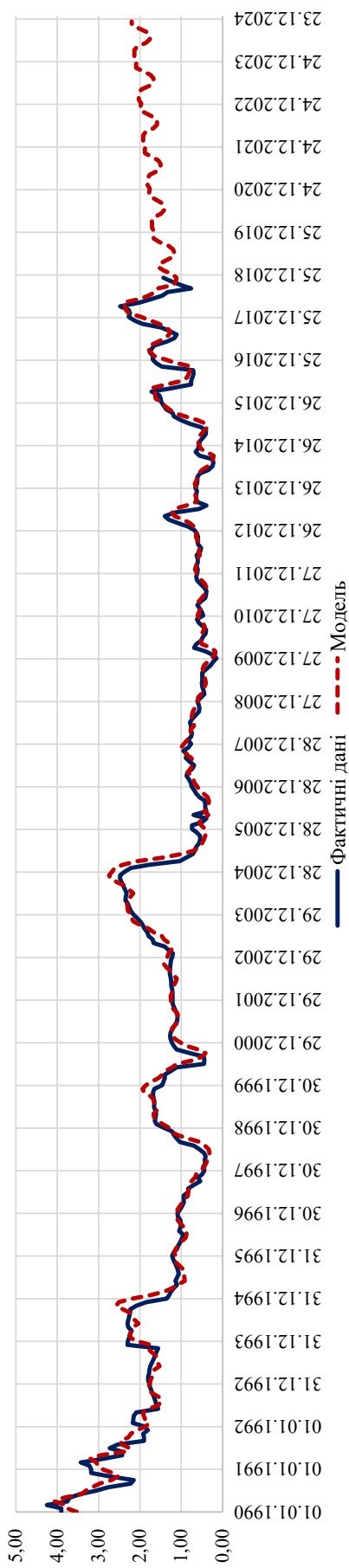


Рис. 1 Прогнозна модель режиму ґрунтових вод дослідної РЗС (свердловина 3692)
(за даними Гідрогеолого-меліоративної ділянки БУВР Нижнього Дніпра)

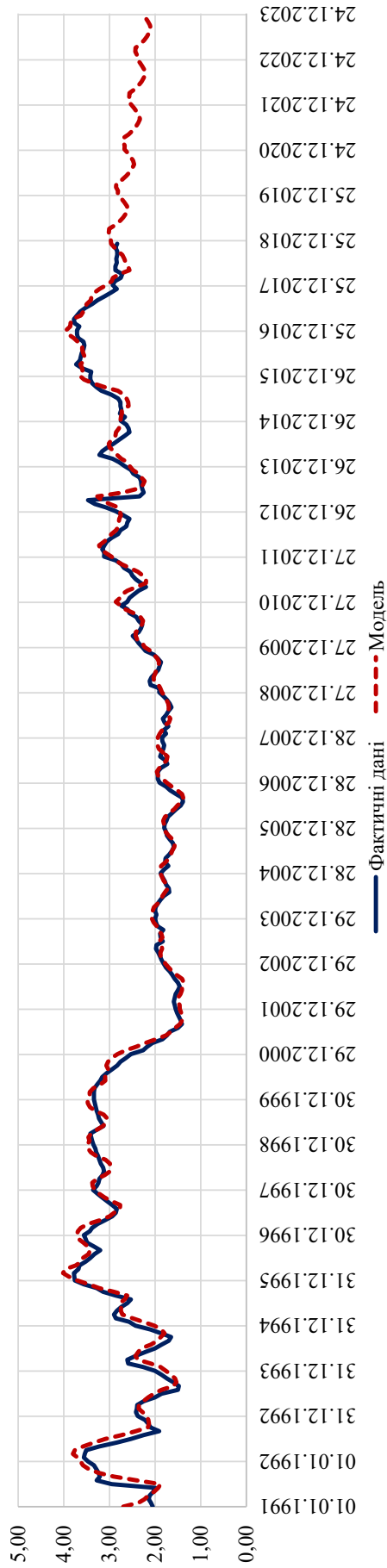


Рис. 2 Прогнозна модель режиму ґрунтових вод виробничої РЗС (свердловина 2945)
(за даними Гідрогеолого-меліоративної ділянки БУВР Нижнього Дніпра)

4. Статистична оцінка прогностичної моделі режиму ґрунтових вод виробничої РЗС та фактичних даних

№ п/п	Назва статистичної характеристики	Фактичні дані	Модель
1	Середнє	2,53	2,54
2	Стандартна помилка	0,04	0,03
3	Медіана	2,55	2,54
4	Мода	2,00	-
5	Стандартне відхилення	0,68	0,66
6	Екссес	-1,30	-0,93
7	Асиметричність	0,10	0,18
8	Інтервал	2,39	2,65
9	Мінімум	1,39	1,37
10	Максимум	3,78	4,01
11	Сума	851,00	1007,00
12	Рахунок	336	396
13	Коефіцієнт варіації	0,27	0,26
14	Критерій Ст'юдента	1,97	1,97

ність низки даних. Коефіцієнт кореляції становить 0,96, що підтверджує достовірність побудованої моделі.

Висновки. Результати моделювання свідчать про те, що рівень ґрунтових вод як на дослідній, так і на виробничій РЗС за прогнозований період буде знижуватись у міжполивний період року нижче 2,0 м. На дослідній РЗС досліджуваний параметр буде знижуватись його негативними наслідками.

ватись за 2019–2024 рр. та варіюватиметься в межах 1,20–2,23 м. На виробничій РЗС рівень ґрунтових вод буде підвищуватись та за 2018–2023 рр. буде змінюватись у межах 2,13–2,85 м.

Продовження моніторингу за режимом ґрунтових вод дозволить підвищити якість застосування статистичних методів для прогнозу такого небезпечного процесу як підтоплення та ефективність заходів боротьби

Бібліографія

1. Малеев В.О., Безпальченко В.М. Технічні аспекти вирішення проблеми підтоплення територій Херсонської області // Вісник ХНТУ. 2017. №4(63). С. 235.
2. Малеев В.О. Особливості опустелювання агроландшафтів Херсонщини // Матеріали семінару стосовно затвердження Національної доповіді щодо впровадження в Україні Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням. Київ. Фітосоціоцентр, 2007. С. 62–69.
3. Педан Г.С., Ліходідова О.Г., Дячук О.А. Оцінка даних моніторингу режиму ґрунтових вод на території Одеської області // Вісник Одеського національного університету. Серія : Географічні та геологічні науки. 2018. Т. 23. Вип. 1. С. 147–158.
4. Титков А.А., Кольцов А.В. Эволюция рисовых ландшафтно-мелиоративных систем Украины. Симферополь: СОНАТ, 2007. 308 с.
5. Мендусь С.П. Причини зниження продуктивності зрошуваних земель рисових систем України // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Технічні науки». 2015. № 3(71). С. 395–400.
6. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты / Вальков В.Ф. и др. Ростов-на-Дону.: ЮФУ, 2008. 416 с.
7. Вальков В.Ф., Елисеєва Н.В., Имгрунт И.И. Справочник по оценке почв. Майкоп: ГУР и ПП «Адыгея», 2004. 236 с.
8. Агроэкологическая обстановка и перспективы развития рисосеяния на юге Украины / Кольцов А.В. и др. Симферополь, 1994. 225 с.
9. Титков А.А., Кольцов А.В. Влияние орошения затоплением на мелиоративные условия и почвенный покров Присивашья. Симферополь, 1995. 196 с.
10. Морозов В.В., Грановська Л.М., Поляков М.Г. Еколого-меліоративні умови природокористування на зрошуваних ландшафтах України.: навчальний посібник. Київ-Херсон: Айлант, 2003. 208 с.

References

1. Malieiev, V.O., & Bezpachenko, V.M. (2017). Tekhnichni aspekty vyrishennia problemy pidtoplennia terytorii Khersonskoi oblasti [Technical aspects of the problem solution of flooding of Kherson region territory]. *Visnyk KhNTU*, 4(63), 235. [in Ukrainian]
2. Malieiev, V.O. (2007). Osoblyvosti opusteliuvannia ahrolandshaftiv Khersonshchyny. Materialy seminaru stosovno zatverdzhennia Natsionalnoi dopovidi shchodo vprovadzhennia v Ukraini Konventsii OON pro borotbu z opusteliuvanniam [Features of desertification of agricultural landscapes of Kherson region]. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 62–69. [in Ukrainian]
3. Pedan, H.S., Likhodidova, O.H. & Diachuk, O.A. (2018). Otsinka danykh monitorynhu rezhymu gruntovykh vod na terytorii Odeskoi oblasti [Assessment of groundwater regime monitoring data in the Odessa region]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Heohrafichni ta heolohichni nauky*, 1, 147–158. [in Ukrainian]
4. Titkov, A.A., & Kol'cov, A.V. (2007). Evoljucyja rysovuh landshaftno-melyoratyvnuh system Ukrainy [The evolution of rice landscape-reclamation systems of Ukraine]. Simferopol: SONAT. [in Russian]
5. Mendus, S.P. (2015). Prychyny znyzhennia produktyvnosti i zroshuvanykh zemel rysovykh system Ukrainy [The reasons for the decline in productivity of irrigated lands of rice systems of Ukraine]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Serii «Tekhnichni nauky»*, 3(71), 395–400. [in Ukrainian]
6. Valkov, V.F., Denisova, T.V., Kazeev, K.Sh., Kolesnikov, S.I., & Kuznetsov, R.V. (2008). Plodorodie pochv i selskohozyaystvennyie rasteniya: ekologicheskie aspekty [Soil Fertility and Agricultural Plants: Environmental Aspects]. Rostov-on-Don: YuFU. [in Russian]
7. Valkov, V.F., Eliseeva, N.V., & Imgrunt, I.I. (2004). Spravochnik po otsenke pochv [Soil Assessment Handbook]. Maykop: PP Adyigeia. [in Russian]
8. Kol'cov, A.V., Titkov, A.A., Sychevskiy M.E., Barilo V.N., & Makushin A.V. (1994). Agroekologicheskaya obstanovka i perspektivy razvitiya risoseyaniya na yuge Ukrainy [Agroecological situation and prospects of rice cultivation in the south of Ukraine]. Simferopol. [in Russian]
9. Titkov, A.A., & Kol'cov, A.V. (1995). Vliyanie orosheniya zatopleniem na meliorativnyie usloviya i pochvennyiy pokrov Prisivashya [The effect of irrigation by flooding on reclamation conditions and soil cover of the Sivash region]. Simferopol. [in Russian]
10. Morozov, V.V., Granovs'ka, L.M., & Poljakov, M.G. (2003). Ekologo-meliorativni umovy pryrodokorystuvannja na zroshuvanyh landshaftah Ukrai'ny [Text engl]. Kyiv-Kherson: Haylant. [in Ukrainian]

К.В. Дудченко, Т.М. Петренко, О.И. Флинта, Н.Н. Дацюк

Моделирование и прогнозирование режима грунтовых вод для рисовых систем, как одного из главных показателей мелиоративного состояния территории

***Аннотация.** Целью исследования является разработка прогнозных моделей основных показателей гидрогеолого-мелиоративного состояния рисовых оросительных систем, на примере уровня грунтовых вод, для сохранения их плодородия и повышения эффективности. Модели разработаны для опытных – рисовая оросительная система Института риса НААН Украины, площадью 190 га и производственных условий – Тарасовская рисовая оросительная система, площадью 350 га. Обе рисовые оросительные системы эксплуатируются более 50 лет. Почвенный покров представлен темно-каштановыми солонцеватыми, лугово-каштановыми солонцеватыми и солонцами луговыми. На рисовых оросительных системах используется севооборот с наполненностью рисом не более 50%. Прогнозные модели построены методом трёхпараметрического сглаживания в программе Statistica 10.0, при использовании данных Каховской гидрогеолого-мелиоративной партии БУВР Нижнего Днепра и собственных исследований, за период 28 лет. Прогноз выполнен на период 5 лет, с определением исследуемого параметра ежемесячно. Прогноз, разработанный на основе построенной модели для опытной рисовой оросительной системы, показывает, что уровень грунтовых вод будет снижаться за 2019–2024 гг. и будет варьироваться в пределах 1,20–2,23 м. Прогнозная модель режима грунтовых вод, разработанная для производственных условий показывает, что исследуемый показатель будет повышаться в период 2018–2023 гг. и будет изменяться в пределах 2,13–2,85 м. Анализ результатов моделирования режима грунтовых вод рисовых оросительных систем подтверждает, что как на опытной, так и на производственной рисовых*

оросительных системах, за прогнозируемый период, исследуемый показатель будет снижаться в межполивной период года, ниже 2,0 м. Мониторинг режима грунтовых вод на рисовых оросительных системах это один из самых эффективных методов формирования качественных баз данных для создания прогнозов явления подтопления и разработки эффективных мер в борьбе с его негативными последствиями.

Ключевые слова: рис, рисовая оросительная система, уровень грунтовых вод, прогноз, модель.

K.V. Dudchenko, T.M. Petrenko, O.I. Flinta, M.M. Datsuk
Modeling and forecasting of groundwater regime for rice systems
as one of the main indicators of meliorative state of the territory

Abstract The goal of research is to build forecast models of the main indicators of hydrogeological and reclamation status of rice irrigation systems, on the example of groundwater levels, to preserve their fertility and increase efficiency. The models were developed for experimental conditions – rice irrigation system of the Institute of Rice of NAAS of Ukraine, with an area of 190 hectares and production conditions – Tarasivka rice irrigation system, with an area of 350 hectares. Both rice irrigation systems have been under operation for over 50 years. The soil cover is represented by dark chestnut saline, meadow-chestnut saline and meadow saline soils. Rice irrigation systems use a crop rotation with the rice share of not more than 50%. The forecast models are based on the method of three-parameter smoothing in the program Statistica 10.0, using the data from the hydrogeological and reclamation section of the Lower Dnieper BWMA and own research for the period of 28 years. The forecast was made for the period of 5 years, with the definition of the studied parameter on a monthly basis. The forecast developed on the basis of the built model for the experimental rice irrigation system shows that the groundwater level will decrease in 2019–2024 and will vary between 1,20–2,23 m. The forecast model of the groundwater regime, developed for the production conditions, says that the studied indicator will increase in the period 2018–2023 and will change in the range of 2,13–2,85 m. Analysis of the results of modeling the groundwater regime of rice irrigation systems confirms that, both in the experimental and in the production conditions of rice irrigation systems, for the forecast period, the studied indicator will decrease in the inter-irrigation period of the year, below 2,0 m. Monitoring of groundwater regime in rice irrigation systems is one of the most effective methods of forming high-quality databases to make forecasts for flooding and to develop effective measures to combat its negative consequences.

Key words: rice, rice irrigation system, groundwater level, forecast, model.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-256>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/256>

УДК 631.11.1

КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА В СТЕПОВІЙ ЗОНІ

Ю.О. Тараріко¹, член-кор. НААН, докт. с.-г. наук, Ю.В. Сорока², канд. с.-г. наук,
Р.В. Сайдак³, канд. с.-г. наук

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-8475-240X>; e-mail: urtar@bigmir.net;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-6228-4131>; e-mail: soroka_Yu@bigmir.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-0213-0496>; e-mail: saidak_r@ukr.net

Анотація. Внаслідок сучасних кліматичних змін майже вся територія Степу України за річним коефіцієнтом зволоження належить до сухої та дуже сухої зон, відносна площа яких збільшилась порівняно з 1960–1990 рр. на 13,2% до загальної площі країни. Водночас по Україні фактично поливається близько 500 тис. га або 19% від вихідної площі. В результаті досліджень встановлено, що використання високого рівня теплових ресурсів в сухостеповій зоні обмежується недостатніми умовами зволоження. За показником ГТК в регіоні у 80% випадків спостерігаються сильно та середньо посушливі умови вегетаційного періоду. Встановлено існування тісної прямої залежності між ціною реалізації продукції всіх досліджуваних культур та їх собівартістю, а також зворотної залежності цих показників із врожайністю посівів. Прибутковість за 2011–2016 рр. коливалася: для пшениці озимої в межах 17–153 у.о./га із середнім значенням 86 у.о./га, ріпаку озимого – 39–273 у.о./га із середнім значенням 166 у.о./га, та соняшнику – 116–315 у.о./га із середнім значенням 192 у.о./га. Кукурудза і соя в окремі роки виявилися збитковими, що очевидно і визначає незначні площі їх посівів в регіоні. Це свідчить про високу економічну нестабільність виробничої діяльності у змінних погодних умовах, що супроводжується значними ризиками для виробників. Загалом, за нестабільних умов зволоження амплітуда коливання чистого прибутку з одного гектара ріпкі в Одеській області становить 33–188 у.о./га при середньому рівні 111 у.о./га. Деяко підвищити ці показники можна за збільшення частки в структурі посівних площ ріпака озимого. За оптимізації водно-повітряного режиму ґрунту та сівозмінного фактора прибутковість аграрного виробництва в регіоні можна довести до 580–600 у.о./га. Аналогічні показники отримано в результаті аналізу статистичних даних південних областей в межах сухостепової зони.

Ключові слова: сухостепова зона, кліматичні зміни, структура посівних площ, врожайність, собівартість, ціна реалізації, чистий прибуток.

Актуальність. На південь від чорноземних степів від пониззя Дунаю до Монголії і Китаю простягаються сухостепові території з каштановими ґрунтами. Зустрічається сухий степ на півночі Іспанії та на заході США. Тепла південно-європейська фація знаходиться в Передкавказзі, у причорноморській і приазовській частинах південних областей України та у північній частині АР Крим [1–4].

Однак внаслідок сучасних кліматичних змін майже вся територія Степу за річним коефіцієнтом зволоження тепер належить до сухої та дуже сухої зон, відносна площа яких збільшилась порівняно з 1960–1990 рр. на 13,2% до загальної площі України. Суха зона значно поширилась на північ Степу і досягла центральних районів Кіровоградської області, а в східному напрямку – переважної частини Донецької та Луганської областей. В сухій зоні

імовірність років із посушливим і сухим вегетаційним періодом становить 60%, а достатні умови зволоження відзначаються лише в 10% випадків. В дуже сухій зоні 8–9 років із десяти оцінюються як посушливі та сухі, а роки з вологим вегетаційним періодом за 1990–2010 рр. взагалі не спостерігалися.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Середньобогаторічний дефіцит водного балансу в степовій зоні коливається від 421 до 551 мм, тобто для забезпечення його нульового балансу необхідно 4200–5500 м³ додаткової води на гектар [5–7]. Водночас нині по Україні фактично поливається на рівні 500 тис. га або 19% наявних площ зрошуваних земель, по Одеській області – 34,8 тис. га або 14% [8–11]. Це свідчить про необхідність не тільки відновлення, але і про доцільність розширення площі зрошувальних

меліорацій [12–15]. Разом з тим потрібно опрацювати такі системи землеробства та агротехнології, які дозволять підвищувати продуктивність та сталість богарних агроecosистем із досягненням прийнятного рівня економічної ефективності аграрного виробництва [16–18].

Мета роботи – кількісно оцінити гідротермічні умови західної частини Сухого Степу України, встановити закономірності і спрямованість кліматичних змін у регіоні. На прикладі Одеської області та типового за сучасною поширеною практикою сільськогосподарського підприємства проаналізувати економічні показники виробничої діяльності стосовно змінних по роках погодних умов.

Матеріали і методи дослідження. Оцінку кліматичних змін проводили на основі значень кліматичного водного балансу (КВБ) і гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Для вирішення поставлених завдань використовували багаторічні гідротермічні показники по метеостанції Ізмаїл. Шляхом опрацювання статистичних даних [11; 19–20] методами математико-статистичного, розрахунково-порівняльного, кореляційного, економічного аналізу та системного узагальнення здійснено аналіз економічної ефективності аграрного виробництва на рівні Одеської області та на рівні сільськогосподарського підприємства в Ренійському районі ТОВ «Дунай-Агро».

Результати дослідження та їх обговорення. Забезпеченість регіону агрометеорологічними ресурсами розраховували на основі даних метеостанції Ізмаїл. Клімат регіону

визначається високим рівнем забезпечення тепловими ресурсами та низьким і нестійким рівнем зволоження. Середньорічна температура повітря за 1991–2016 рр. становить 11,8°C і постійно зростає. За останні десять років її значення лише в двох випадках було нижчим (рис. 1).

Завдяки стійкому підвищенню температурного режиму регіон відзначається високим рівнем забезпечення активними температурами повітря (вище 10°C). Так, якщо до середини 90-х років минулого століття сума активних температур повітря становила 3600–3800°C, то нині коливається в межах 3800–4000°C (рис. 2). Високий рівень забезпечення активним теплом буде сприяти поширенню в регіоні нетрадиційних теплолюбних культур, наприклад таких як бавовник, а також пізньостиглих гібридів кукурудзи (ФАО більше 500), соняшнику, сої та ін., які мають більш високий потенціал продуктивності. Вже сьогодні тут, за впровадження відповідних технологій, можливо вирощувати традиційні для Грузії, Туреччини, Франції та Італії, навіть країн Середньої Азії, культури. Насамперед це може стосуватися теплолюбних сортів винограду. Окрім цього, слід звернути увагу на можливість вирощування двох врожаїв сільськогосподарських культур на одному полі протягом року, що за сучасних умов теплозабезпечення є цілком реальним і дасть змогу значно підвищити продуктивність ріллі та прибутковість виробничої діяльності.

Використання високого рівня теплових ресурсів в регіоні обмежується недостатніми

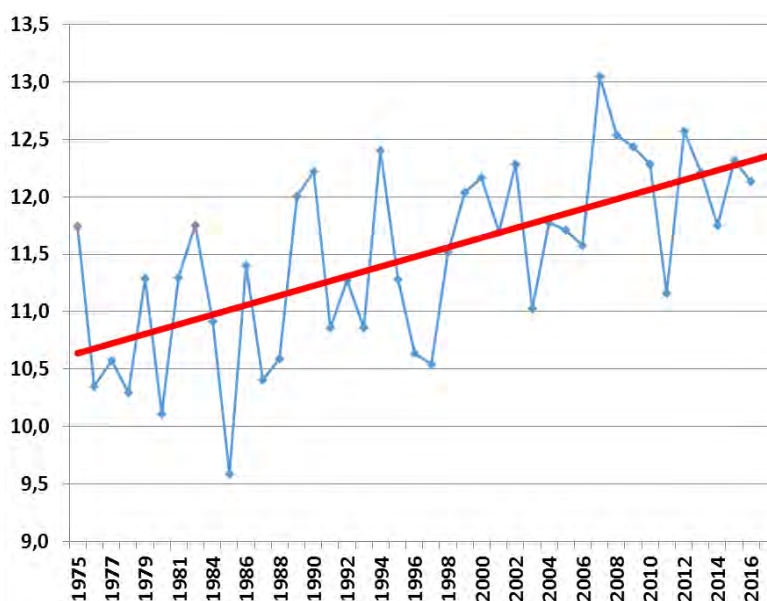


Рис. 1. Динаміка середньорічної температури повітря, °C

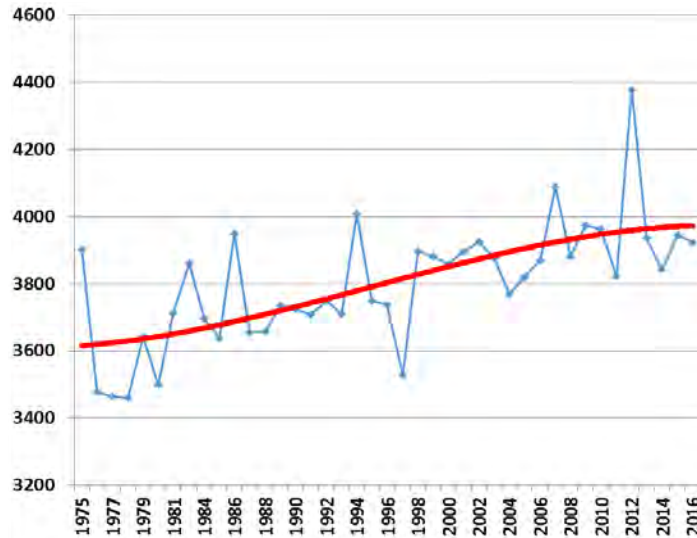


Рис. 2. Динаміка сум активних температур повітря вище 10°C (квітень-жовтень)

умовами зволоження. Середньорічна кількість опадів становить за 1991–2016 рр. 480 мм і їх загальна динаміка з початку 2000-х років спрямована у бік незначного зростання (рис. 3). Проте, навіть за 500–550 мм опадів, що відзначалися в середньому за останні п'ять років, ведення високопродуктивного сільськогосподарського виробництва неможливе. За високого термічного режиму, у зв'язку із значним рівнем випаровування реалізувати сучасний потенціал сортів і гібридів сільськогосподарських культур проблематично.

Режим забезпечення території і сільськогосподарських культур визначається не лише кількістю опадів, а і їх витратною частиною. Наприклад, в регіоні протягом січня-березня

в середньому випадає щомісячно 24–39 мм опадів, що в сумі становить 98 мм (рис. 4). За цей період потенційне сумарне випаровування становить у середньому аналогічну величину – 98 мм (рис. 5).

Проте, вже на кінець квітня, потенційне випаровування (наростаючим підсумком) у середньому може переважати обсяги вологи, що надходять з опадами сумарно з початку року на 44 мм, а на кінець травня дефіцит вологи вже становитиме –125 мм, червня – 221, а липня –336 мм (рис. 6). Це свідчить про те, що для забезпечення оптимального рівня продуктивності ранніх культур необхідно забезпечити додаткове надходження вологи в межах 2000–3000 тис. м³/га.

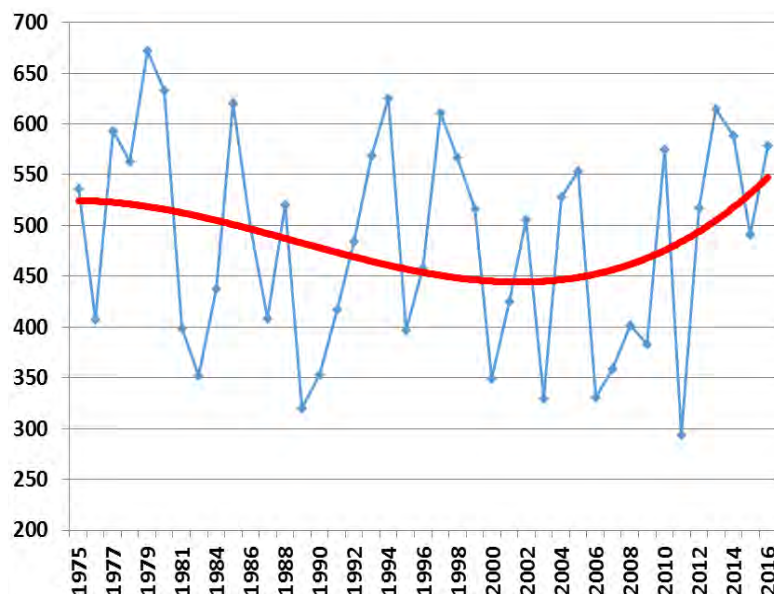


Рис. 3. Динаміка річних сум опадів, мм

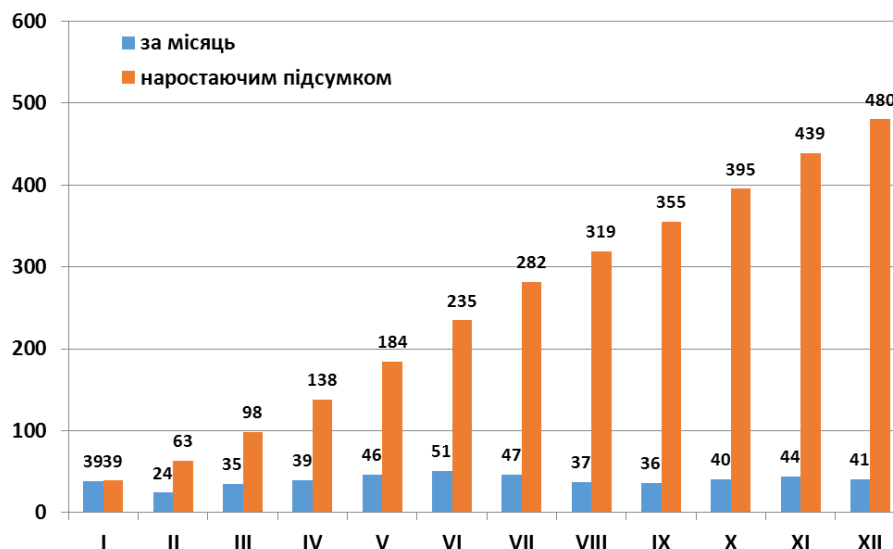


Рис. 4. Середньомісячні суми опадів за 1991–2016 рр., мм

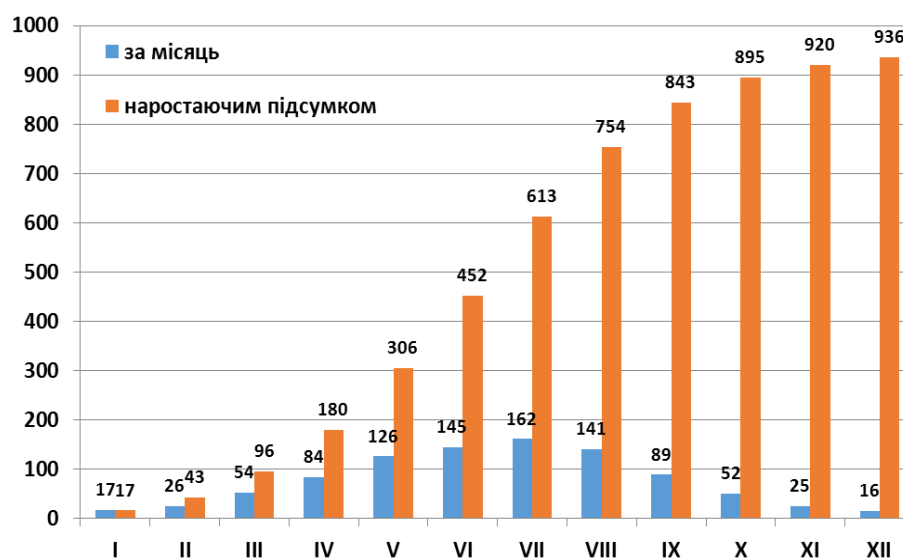


Рис. 5. Потенційне сумарне випаровування по місяцях за 1991–2016 рр., мм

До кінця вегетації пізніх культур (серпень-вересень) у зв'язку із значним рівнем випаровування (евапотранспірації) дефіцит зволоження ще зростає і сягає 336–436 мм. Тобто зрошувальна норма для забезпечення врожайності сої в межах 4,0–4,5 т/га, кукурудзи на зерно – 12–14 т/га зростатиме до 3500–4500 м³/га. Результати розрахунків, що наведено на рис. 4–6, є основою для визначення зрошувальних і поливних норм, залежно від виду сільськогосподарських культур.

Загалом, для оцінки умов зволоження вегетаційного періоду в регіоні, а в результаті і прийняття рішення щодо доцільності відновлення і розширення зрошення, можна також використовувати і гідротермічний коефі-

цієнт (ГТК – відношення суми опадів до суми активних температур повітря). Якщо до середини 80-х років минулого століття ГТК вегетаційного періоду в середньому становив 0,8–1,0 і відповідав середньо посушливим умовам (рис. 7), то в останні роки його величина в середньому не перевищує 0,7 (сильно посушливі умови).

Окрім цього, за 1991–2016 рр. в регіоні у 80% випадків (тобто 8 років із десяти) спостерігаються сильно та середньо посушливі умови вегетаційного періоду (табл. 1).

Лише в 5% випадків відзначався достатній рівень зволоження вегетаційного періоду, однак це не свідчить про те, що зникає необхідність водорегулювання на окремих етапах

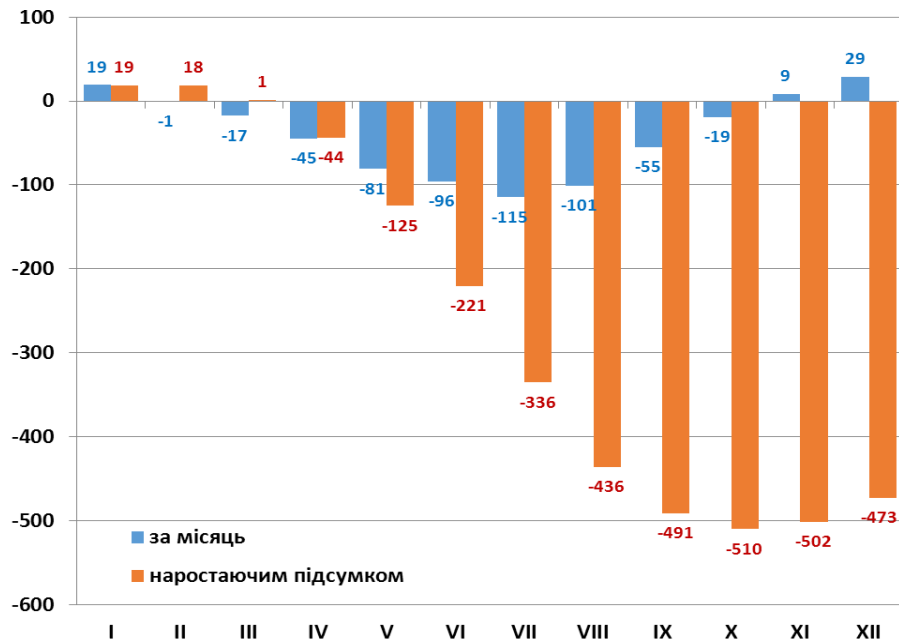


Рис. 6. Значення кліматичного водного балансу по місяцях року в середньому за 1991–2016 рр.

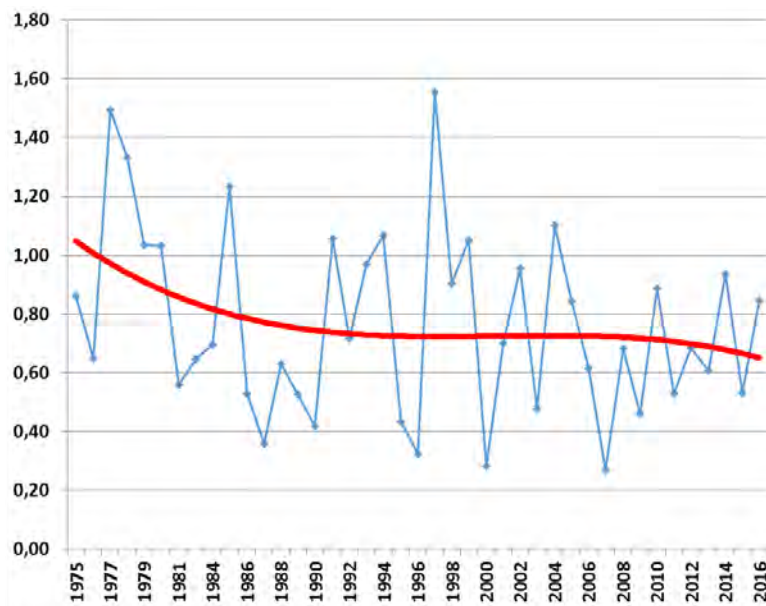


Рис. 7. ГТК вегетаційного періоду (квітень-серпень)

1. Частота повторень різних рівнів зволоження вегетаційного періоду (квітень-серпень) за 1991–2016 рр.

ГТК	Ступінь посушливості	Частота, %
менше 0,7	сильно посушливо	46
0,71-1,00	середньо посушливо	34
1,01-1,20	слабке зволоження	15
1,21-1,80	достатнє зволоження	5

розвитку рослин. ГТК свідчить про оцінку умов зволоження вегетаційного періоду загалом, що не враховує окремі його періоди.

В цілому, за показником річного кліматичного водного балансу досліджуваний регіон перейшов із сухої (більше мінус 450 мм)

в дуже суху зону (менше мінус 450 мм).

Отже, в регіоні реалізація повною мірою наявних агрометеорологічних ресурсів (тепло, світло) можлива лише за умов регулювання водного режиму. Разом з тим, як показано нижче, за сучасної поширеної практики богарного землеробства за вирощування культур, які найбільш ефективно витрачають природні запаси вологи, цей потенціал використовується не повністю.

Аналіз статистичних даних по структурі посівних площ в Одеській області показав, що в середньому за період із 2011 по 2016 рр. площа посіву пшениці озимої становила 33%, ячменю озимого – 21%, соняшнику – 26% та інших культур – 20% (рис. 8). У середньому за цей же період структура посівних площ у підприємстві була такою: пшениця озима – 33%, ячмінь озимий – 30%, соняшник – 25% та інші культури – 12%. Співставлення цих показників свідчить про те, що загалом по області сучасна практика ведення аграрного виробництва окремих сільськогосподарських підприємств відрізняється неістотно з використанням сівозміни: 1, 2 – озимі зернові; 3 – соняшник; 4 – інші культури. Це пояснюється тим, що в умовах вкрай нестабільного зволоження озимі культури краще використовують осінньо-зимові опади, а соняшник, як посухостійка культура, менш вразливий до несприятливих умов зволоження.

Аналіз статистичних даних по врожайності сільськогосподарських культур в Одеській

області з 2011 по 2016 рр. свідчить про високу варіабельність цього показника за змінних погодних умов, зокрема умов зволоження (рис. 9). Так, врожайність пшениці озимої коливалася від 19,4 до 38,5 ц/га з середнім рівнем 31,4 ц/га, кукурудзи – від 16,9 до 47,5 ц/га з середнім рівнем 34,1 ц/га, ріпака озимого – від 13,1 до 20,9 ц/га з середнім рівнем 18,2 ц/га, соняшнику – від 12,2 до 21,4 ц/га з середнім рівнем 17,4 ц/га і сої – від 6,1 до 28,8 ц/га з середнім рівнем 16,0 ц/га. При цьому очевидно, що агрометеорологічні фактори приблизно однаково впливають на всі культури по роках – R^2 між коливаннями їх урожайності становить 0,6–0,8. Крім того, можна відзначити, що в найбільш сприятливий рік кукурудза за продуктивністю істотно переважає пшеницю озиму, а соя – озимий ріпак і соняшник. В найбільш несприятливих умовах спостерігається зворотній вплив.

У середньому за 2013–2017 рр. врожайність пшениці озимої в досліджуваному господарстві становила 32 ц/га (рис. 10), ячменю озимого – 38 ц/га, соняшнику – 23 ц/га і гороху – 25 ц/га, що відповідно на 2, 7, 3 і 6 ц/га вище від середньої обласної. Це свідчить про достатньо високий рівень агротехніки в підприємстві. Хоча за відновлення зрошення мінімально очікуваний рівень врожайності цих культур відповідно становить 70, 70, 40 і 45 ц/га.

За статистичними даними по Одеській області за 2011–2016 рр. собівартість продукції

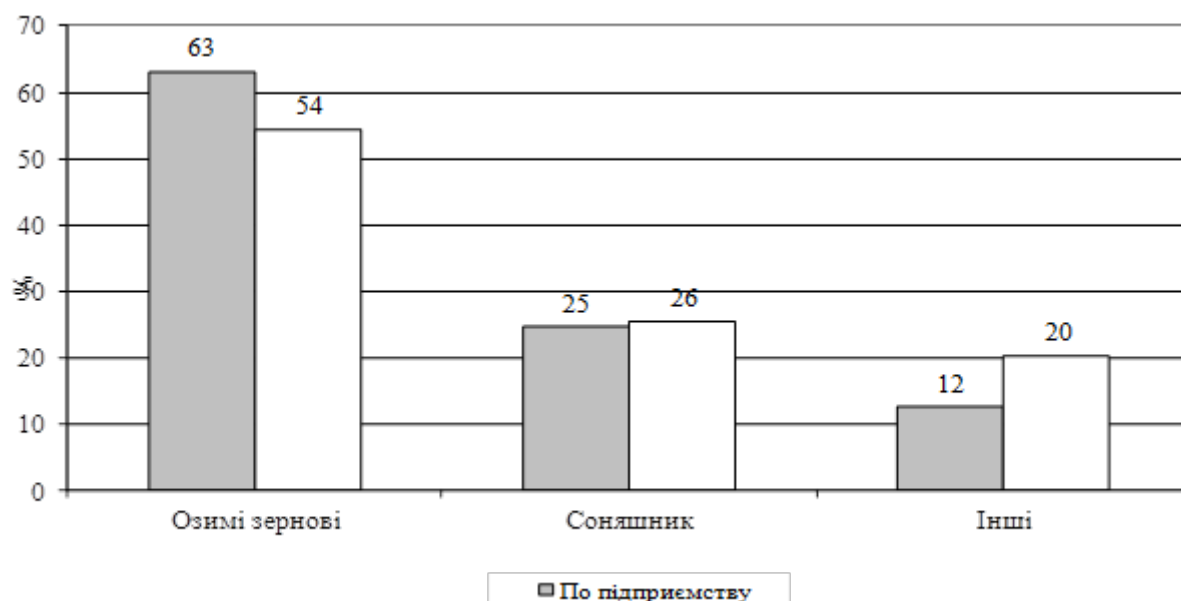


Рис. 8. Структура посівних площ в Одеській області та в досліджуваному підприємстві за 2011–2016 рр.

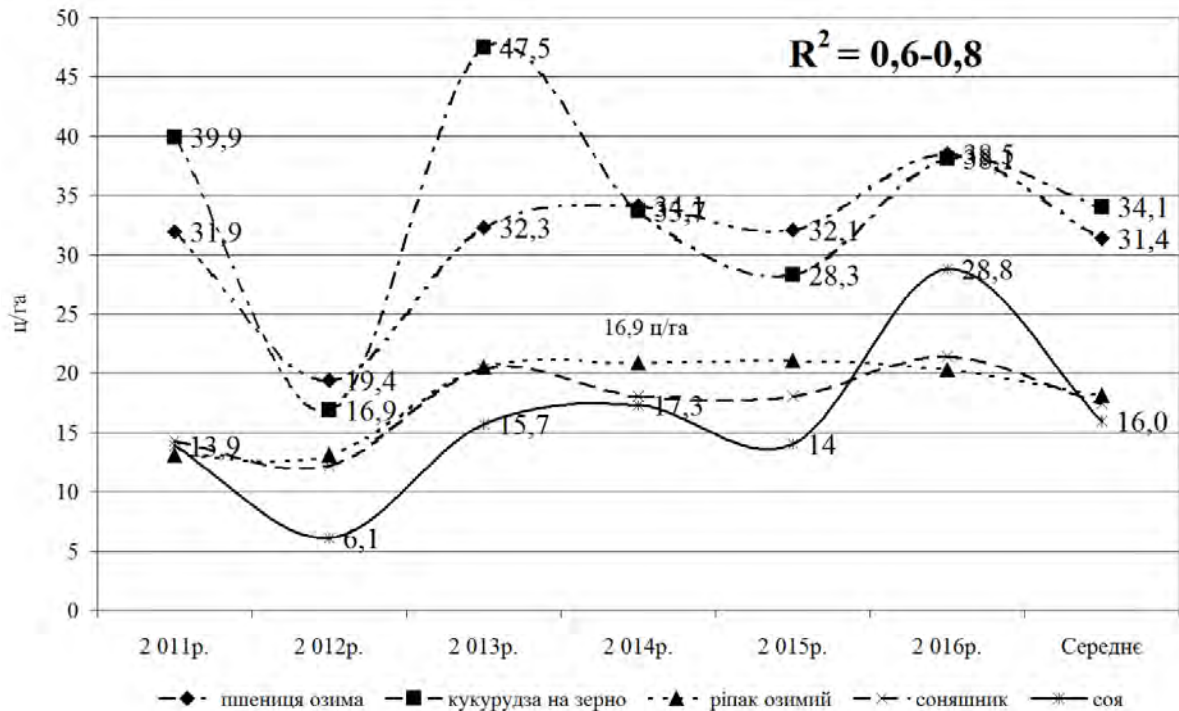


Рис. 9. Врожайність сільськогосподарських культур в Одеській області за 2011–2016 рр.

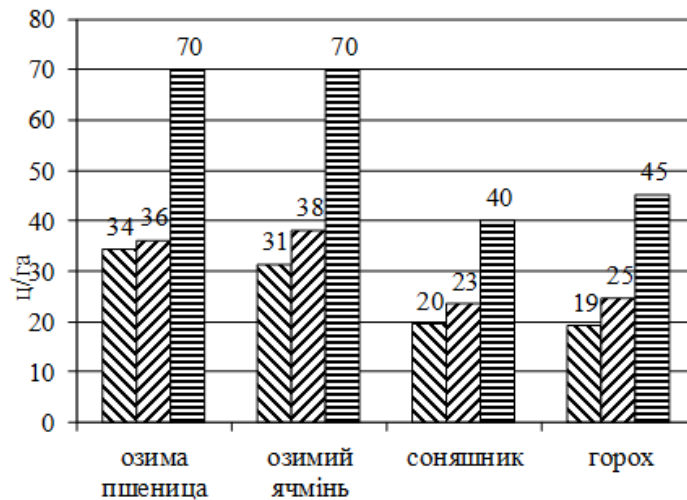


Рис. 10. Врожайність сільськогосподарських культур у досліджуваному підприємстві за 2013–2017 рр.

окремих культур істотно коливалася: пшениці озимої – від 63 до 182 у.о./т, кукурудзи – від 63 до 218 у.о./т, ріпака – від 147 до 430 у.о./т, соняшнику – від 136 до 364 у.о./т та сої – від 180 до 542 у.о./т із середніми показниками відповідно 120, 120, 286, 239 та 342 у.о./т. Як і по врожайності (рис. 9) амплітуда коливання собівартості продукції окремих культур співпадає з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,7-0,8$ стосовно змін сприятливості умов їх вирощування по роках (рис. 11).

Аналогічна ситуація з ціною реалізації.

Цей показник по зерну пшениці озимої коливався в межах 100–191 у.о./т, кукурудзи – 99–193, ріпака – 275–493, соняшнику – 264–460 та сої – 246–418 у.о./т із середніми значеннями відповідно 148, 141, 378, 349 та 356 у.о./т. Тобто ціна реалізації продукції всіх культур залежить від погодних умов, а коефіцієнт апроксимації між культурами ще вище і становить $R^2 = 0,7-0,9$ (рис. 12).

У результаті прибутковість пшениці озимої з 2011 по 2016 коливалася від 17 до 153 у.о./га з середнім значенням 86 у.о./га,

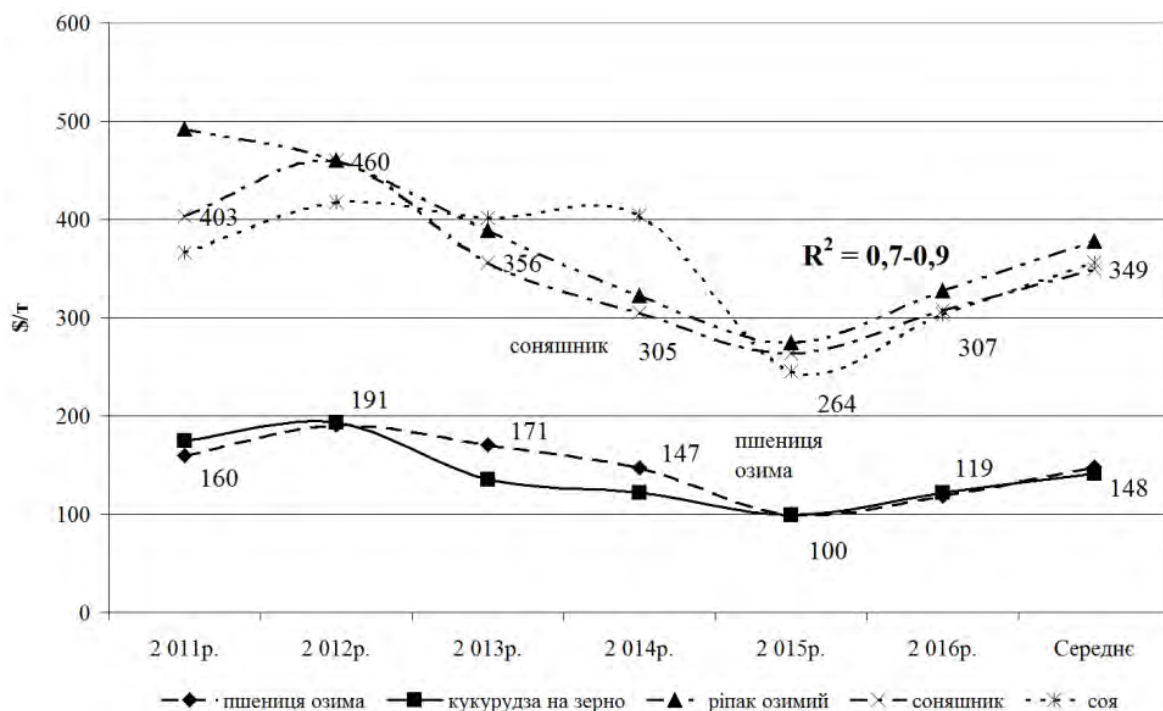


Рис. 11. Коливання собівартості сільськогосподарської продукції за 2011–2016 рр.

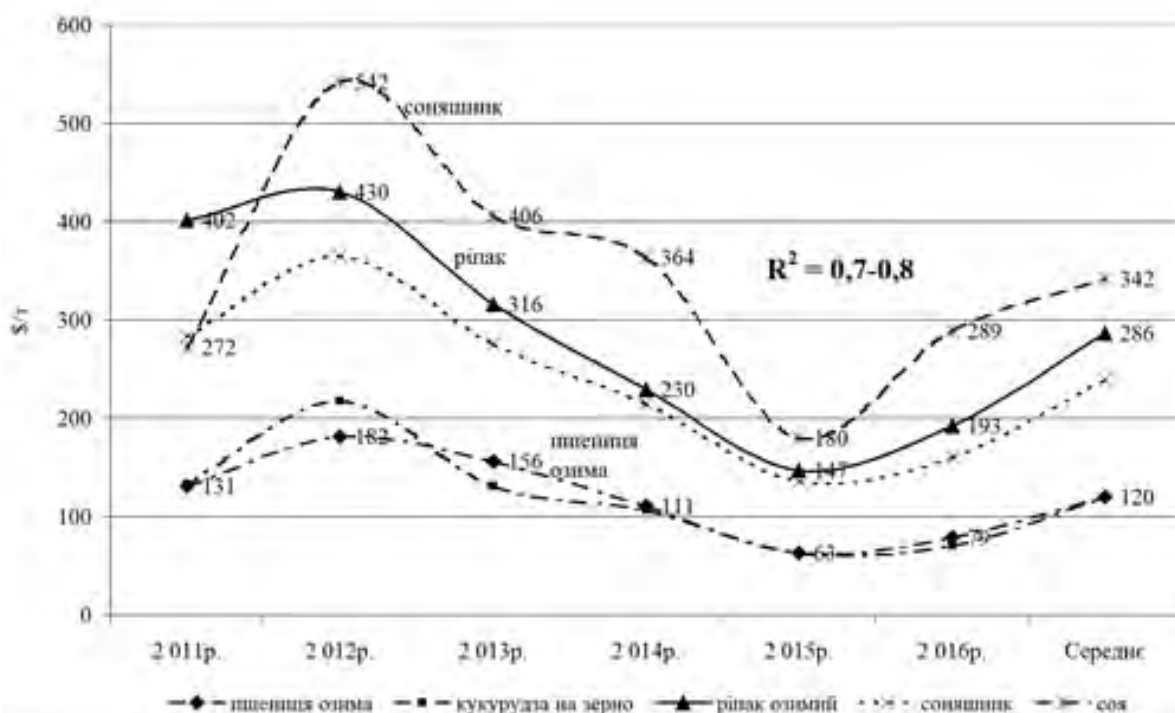


Рис. 12. Коливання ціни реалізації продукції за 2011–2016 рр.

ріпака озимого – від 39 до 273 у.о./га з середнім значенням 166 у.о./га, та соняшнику – від 116 до 315 у.о./га з середнім значенням 192 у.о./га. Кукурудза і соя взагалі в окремі роки виявилися збитковими, а середні значення чистого прибутку від їх вирощу-

вання відповідно становили 71 і 23 у.о./га (рис. 13). Це очевидно і визначає обмеження площ їх посіву в регіоні.

Отже, за чистим прибутком культури розміщуються в такий зростаючий ряд: соя, кукурудза, пшениця озима, ріпак

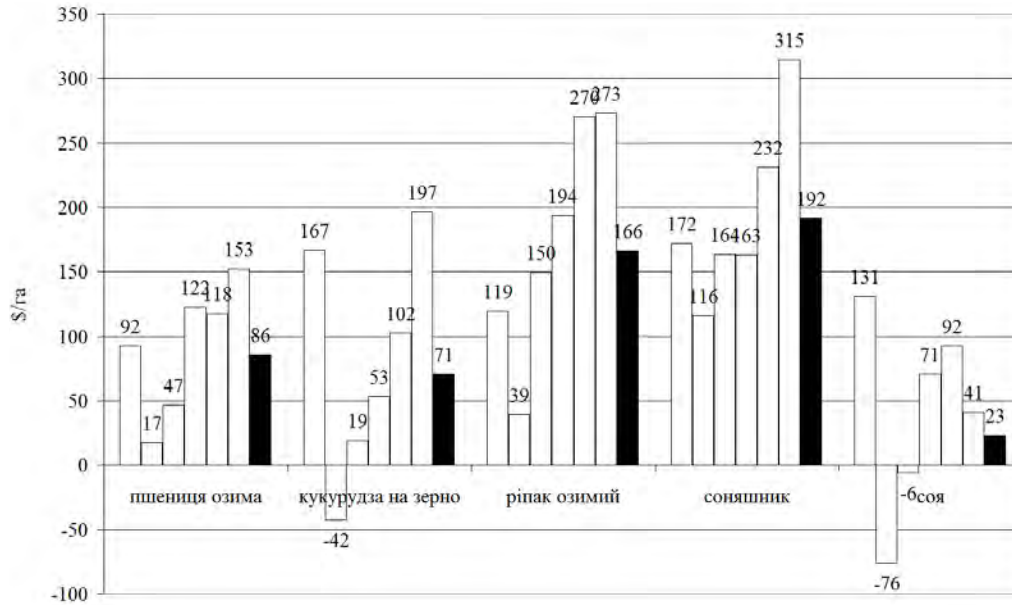


Рис. 13. Прибутковість сільськогосподарських культур за 2011–2016 рр.

озимий, соняшник. Аби ці культури займали однакову частку в структурі посівних площ області, то чистий прибуток на гектар ріллі становив би 108 у.о./га, без сої цей показник склав би 129 у.о./га, без сої і кукурудзи – 148 у.о./га, без сої, кукурудзи і озимої пшениці – 179 у.о./га (рис. 14). Приведений аналіз свідчить, що структуру посівів, з точки зору підвищення економічної ефективності рослинництва, доцільно змінювати у бік розширення площі ріпака озимого.

Аналіз статистичних даних по області також показав існування тісної прямої залеж-

ності між ціною реалізації продукції всіх досліджуваних культур та їх собівартістю, а також зворотної залежності цих показників з врожайністю посівів (рис. 15). Тобто, чим менш сприятливі погодні умови і нижче врожайність культур, тим вище собівартість продукції і ціна реалізації. Отже, за сучасної поширеної виробничої практики чистий прибуток виробників продукції рослинництва в області залежить від певних чинників і стосовно структури посівних площ у середньому обмежується на рівні 200 у.о./га із значними коливаннями по роках у бік

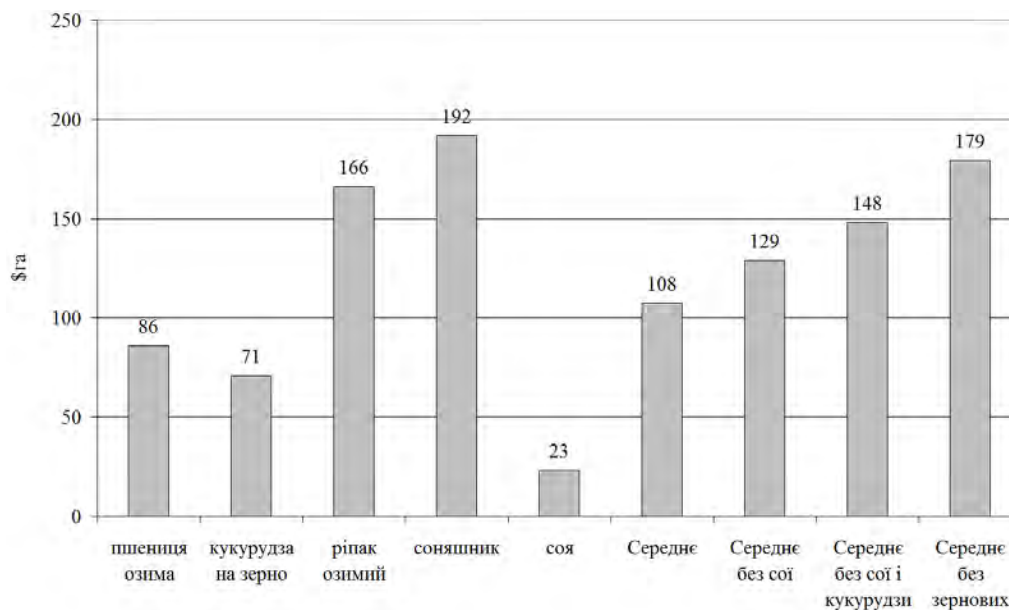
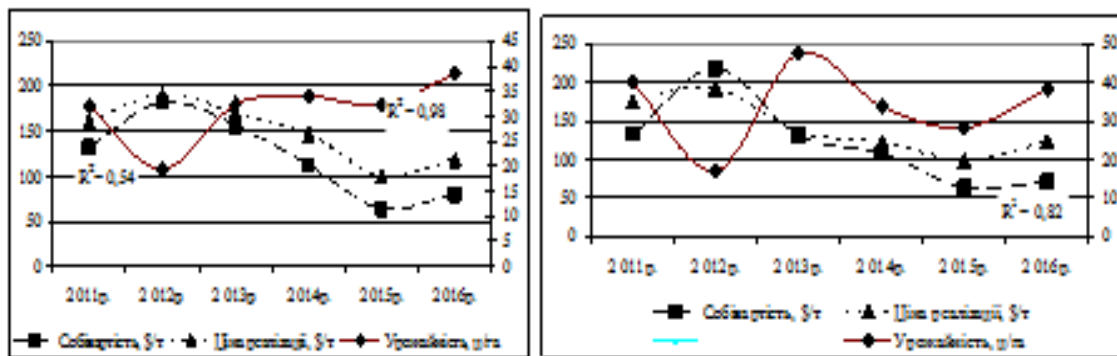
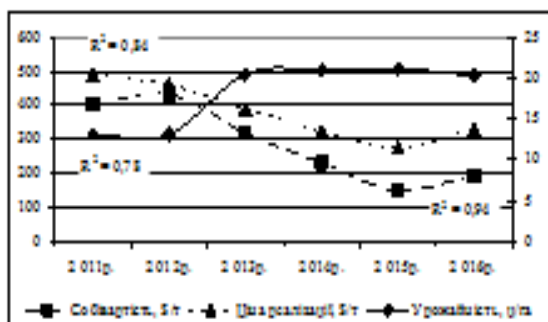


Рис. 14. Чиста прибутковість по окремих культурах та ріллі залежно від культур у структурі посівних площ

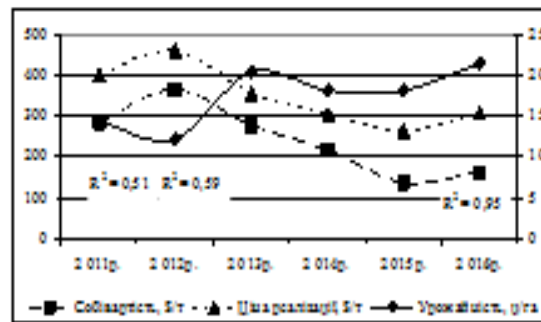


Залежність між врожайністю, собівартістю і ціною реалізації зерна пшениці озимої в Одеській області

Залежність між врожайністю, собівартістю і ціною реалізації зерна кукурудзи в Одеській області



Залежність між врожайністю, собівартістю і ціною реалізації насіння ріпаку озимого в Одеській області



Залежність між врожайністю, собівартістю і ціною реалізації насіння соняшнику в Одеській області

Рис. 15. Залежність між врожайністю, собівартістю та ціною реалізації сільськогосподарських культур в Одеській області за 2011–2016 рр.

зменшення.

Так, наприклад, за фактичної по роках структури посівних площ, врожайності, собівартості продукції і ціни її реалізації чистий прибуток на 1 га ріллі по Одеській області в період із 2011 по 2016 рр. варіював від 33 до 188 у.о./га з середнім показником

111 у.о./га (рис. 16). Це свідчить про високу економічну нестабільність виробничої діяльності у змінних погодних умовах, що супроводжується значними ризиками для виробників, особливо при залученні кредитних ресурсів. Таке положення, своєю чергою, призводить до обмеженого використання засобів вироб-

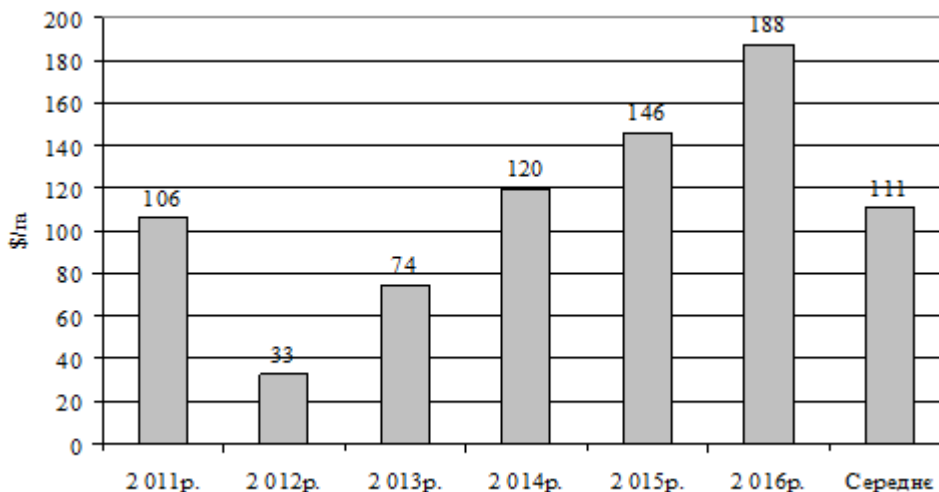


Рис. 16. Чистий прибуток на 1 га ріллі по Одеській області за період 2011–2016 рр.

ництва, зокрема мінеральних добрив, що супроводжується агрохімічною деградацією ґрунтового покриву.

Що стосується виробничої діяльності досліджуваного підприємства, то згідно із середньою врожайністю за 2013–2017 рр. вирощуваних культур та статистичним середньообласним показником собівартості продукції і ціни її реалізації можна припустити, що середній чистий прибуток за цей період становив 150 у.о./га (рис. 17). За відновлення роботи зрошувальних систем при збереженні існуючої структури посівних площ цей показник зростає майже у 3 рази – до 440 у.о./га. За впровадження перспективної сівозміни: озимі зернові, ріпак озимий, соя і горох, кукурудза, соняшник чистий прибуток сягне 580 у.о./га.

Аналогічні показники отримано в результаті аналізу статистичних даних по Миколаївській, Херсонській і Запорізькій областях.

Висновки. Середньорічна температура повітря за 1991–2016 рр. становить 11,8 °С і постійно зростає. За високого термічного режиму і підвищеного рівня випаровування реалізувати потенціал сучасних сортів

і гібридів сільськогосподарських культур проблематично без штучного регулювання водного режиму. До кінця вегетаційного періоду дефіцит зволоження сягає 336–436 мм. Загалом, за показником річного кліматичного водного балансу досліджуваний регіон перейшов із сухої (більше мінус 450 мм) в дуже суху зону (менше мінус 450 мм). Тобто забезпечення врожайності сої в межах 4,0–4,5 т/га, кукурудзи на зерно – 12–14 т/га потребує додаткового зволоження нормою 3 500–4 500 м³/га. Враховуючи, що в цих кліматичних умовах площа зрошення в регіоні скоротилася до мінімуму, в структурі посівів переважають озимі зернові і соняшник. Однак, за змінних погодних умов врожайність цих культур по роках істотно коливається, що супроводжується нестабільністю економічних показників виробничої діяльності з амплітудою чистого прибутку 33–188 у.о./га при середньому рівні 111 у.о./га. Дещо підвищити ці показники можна за збільшення частки в структурі посівних площ ріпака озимого. За оптимізації водно-повітряного режиму ґрунту шляхом зрошення та сівозмінного фактора прибутковості аграрного виробництва в регіоні можна

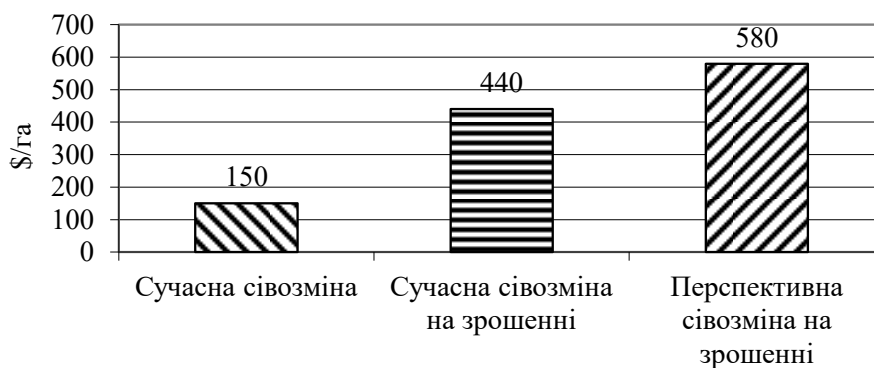


Рис. 17. Чистий прибуток на 1 га ріллі в досліджуваному господарстві

довести до 600 у.о./га.

Бібліографія

1. Агроклиматическое районирование СССР 1:4 000 000. Москва: ГУГК, 1969.
2. Агропроизводственная группировка почв (общие положения и принципы составления). Карманов И.И. и др. Москва: МСХ СССР / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1980. 45 с.
3. Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы: автореф. дис. на соискание д-ра биол. наук: спец «агрофизика», шифр «06.01.03» М.: Новосибирск, 1979. 40 с.
4. Герасимов И.П. О почвенно-климатических фациях равнин СССР и прилегающих стран // Тр. Почв. ин-та АН СССР. 1933. Т. VIII. В. 5. С. 1–38.
5. Ромашенко М.І. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами в умовах глобальних кліматичних змін. Збірка наукових праць, присвячена Міжнародному року ґрунтів та Міжнародному дню ґрунту, який відзначають щорічно 5 грудня «Ґрунти та меліорація: минуле і майбутнє». Київ, 2015. С. 11–16.
6. Сайдак Р.В., Сорока Ю.В. Агрометеорологічний потенціал степової зони України.

Агрокол. журн. 2014. № 3. С. 23–27.

7. Меліоровані агроєкосистеми / Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2017, 696 с.
8. Наличие и распределение земельного фонда в Украинской ССР. // Киев: ГОСАГРОПРОМ УССР. Управление землепользования и землеустройства. 1987. 99 с.
9. Державний земельний кадастр України. Київ: Державний комітет України по земельних ресурсах. 1994. 179 с.
10. Біланчин Я.М. Сучасний стан зрошення в Одещині та тенденції ґрунтоутворення на масивах зрошення // Вісник Одеського національного університету. 2003. Т. 8, 20
11. Моніторинг: База даних 2016-2017 URL:<http://www.kse.org.ua/uk/research-policy/land/governance-monitoring/database-2016-2017>. (04.03.2020).
12. Інтегроване управління водними і земельними ресурсами на меліорованих територіях: монографія. Київ: Аграрн. наука, 2016. 784 с.
13. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України. Київ: ЦП Компрінт, 2014. 28 с.
14. Наукові засади відновлення та розвитку зрошення земель в Україні в сучасних умовах. М.І. Ромащенко та ін. // Меліорація і водне господарство. 2017. Вип. 106(2). С. 3–14.
15. Наукові засади розвитку аграрного сектора економіки південного регіону України / За науковою редакцією Ромащенко М.І., Вожегової Р.А., Шатковського А.П. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 438 с.
16. Филиппова А.В. Эффективное регулирование базовых компонентов агроэкосистем засушливой зоны. В сборнике: Охрана природы и региональное развитие: гармония и конфликты (к Году экологии в России). Материалы международной научно-практической конференции и школы-семинара молодых ученых-степеведов «Геоэкологические проблемы степных регионов», проведенных в рамках XXI сессии Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук (МАН) и Научного совета РАН по фундаментальным географическим проблемам. 2017. С. 217–219.
17. Канакова А.А., Филиппова А.В., Михина О.Н. Модели регулирования устойчивого развития агроэкосистем в условиях засушливой зоны. В сборнике: Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем. материалы пятой Международной конференции. Институт экологии Волжского бассейна РАН; Самарский государственный экономический университет. 2018. С. 113–117
18. Реализация потенциала сельскохозяйственного региона. ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Волгоград, Scientific magazine «Kontsep». 2016. 199 с.
19. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2016 рік. Державна служба статистики України. Київ. 2016. С. 2-246.
20. Статистичний збірник «Рослинництво Одеської області» за 2016 рік. Державна служба статистики в Одеській області, Одеса, 2016. С. 25.

References

1. Ahroklymatycheskoe raionirovaniye SSSR [Agroclimatic zoning of the USSR]. (1969). 1:4000000. Moskva: HUKH. [in USSR]
2. Karmanov, Y.Y., Bulhakov, D.S., Fryev, T.A., Rozov, H.H., & Shuvalov, S.A. (1980). Ahroproyuzvodstvennaia hruppyrovka pochv (obshchye polozheniya y pryntsypy sostavleniya) [Agricultural production grouping of soils (general provisions and principles of compilation)]. Moskva: MSKh SSSR / Pochvennyi in-t im. V.V. Dokuchaeva. [in Russian]
3. Volkovyntser, V.Y. (1979). Stepnye kryoardnye pochvy [Steppe cryoarid soils]. M.: Novosybyrsk. Extended abstract of Doctor's thesis. [in Russian]
4. Herasymov, Y.P. (1933). O pochvenno-klymatycheskykh fatsyiakh ravnyn SSSR y prylehayushchykh stran [On the soil and climatic facies of the plans of the USSR and adjacent countries]. (Vol. VIII, V. 5). Tr. Pochv. in-ta AN SSSR. [in USSR]
5. Romashchenko, M.I. (2015). Raionuvannia terytorii Ukrainy za rivnem zabezpechenosti hidrotermichnymy resursamy v umovakh hlobalnykh klimatychnykh zmin. Zbirka naukovykh prats, prysviachena Mizhnarodnomu roku gruntiv ta Mizhnarodnomu dniu gruntu, yakyi vidznachaiut shchorichno 5 hrudnia «Gruntiv ta melioratsiia: mynule i maibutnie». [Zoning of the territory of Ukraine according to the level of provisions with hydrothermal resources in the conditions of global climate change]. Kyiv, 11–16. [in Ukrainian]
6. Saidak, R.V., & Soroka, Yu.V. (2014). Ahrometeorolohichnyi potentsial stepovoi zony Ukrainy

- [Agrometeorological potential of the steppe zone of Ukraine]. *Ahroekol. zhurn.*, 3, 23–27. [in Ukrainian]
7. Meliorovani ahroekosystemy [Reclaimed agroecosystems]. (2017). Nizhyn: Vydavets PP Lysenko M.M. [in Ukrainian]
 8. Nalychye y raspredelenye zemelnogo fonda v Ukraynskoi SSR [The presence and distribution of land in the Ukrainian SSR]. (1987). Kyiv: HOSAHROPROM USSR. Upravlenye zemlepolzovaniya y zemleustroistva. [in USSR]
 9. Derzhavnyi zemelnii kadastr Ukrainy [State Land Cadastre of Ukraine]. (1994). Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy po zemelnykh resursakh. [in Ukrainian]
 10. Bilanchyn, Ya.M. (2003). Suchasnyi stan zroshennia v Odeshchyni ta tendentsii gruntoutvorenna na masyvakh zroshennia [The current state of irrigation in the Odessa region and trends in soil formation on irrigation]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu*. V. 8, 20. [in Ukrainian]
 11. Monitorynh: Baza danykh 2016-2017 [Monitoring: Database 2016-2017]. Retrieved from <http://www.kse.org.ua/uk/research-policy/land/governance-monitoring/database-2016-2017>.
 12. Intehrovane upravlinnia vodnymy i zemelnymy resursamy na meliorovanykh terytoriiakh: monohrafiia [Integrated management of water and land resources in reclaimed territories]. (2016). Kyiv: Ahrarn. nauka. [in Ukrainian]
 13. Kontseptsiiia vidnovlennia ta rozvytku zroshennia u pvidennomu rehioni Ukrainy [The concept of restoration and development of irrigation in the southern region of Ukraine]. (2014). Kyiv: TsP Komprint. [in Ukrainian]
 14. Romashchenko, M.I., Yatsiuk, M.V., Zhovtonoh, O.I. & Dekhtiar, O.O. (2017). Naukovi zasady vidnovlennia ta rozvytku zroshennia zemel v Ukraini v suchasnykh umovakh [Scientific principles of restoration and development of land irrigation in Ukraine in modern conditions]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, V. 106(2), 3–14. [in Ukrainian]
 15. Romashchenko, M.I. (Ed), Vozhehova, R.A. (Ed), Shatkovskiy, A.P. (Ed). (2017). Naukovi zasady rozvytku ahrarnoho sektora ekonomiky pvidennoho rehionu Ukrainy [Scientific principles of development of the agricultural sector of the economy of the southern region of Ukraine]. (2017) Kherson: OLDI-PLUS. [in Ukrainian]
 16. Fylyppova, A.V. (2017). Effektivnoe rehulyrovanye bazovykh komponentov ahroekosystem sukhostepnoi zony [Effective regulation of basic components of agro-ecosystems of the dry steppe zone]. *Okhrana pryrody i rehyonalnoe razvytye: harmonyia y konflikty (k Hodu ekolohyy v Rossyi): Materyaly mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferentsyy y shkoly-semynara molodykh uchenykh-stepevedov «Heoekolohycheskye problemy stepnykh rehyonov», provedennykh v ramkakh XXI sessyy Ob'edynennoho nauchnoho soveta po fundamentalnym heohrafycheskym problemam pry Mezhdunarodnoi assotsyatsyy akademiyi nauk (MAAN) y Nauchnoho soveta RAN po fundamentalnym heohrafycheskym problemam*. Moskva, 217–219. [in Russian]
 17. Kanakova, A.A., Fylyppova, A.V., & Mykhyna, O.N. (2018). Modely rehulyrovaniya ustoichyvoho rozvytyia ahroekosystem v usloviakh sukhostepnoi zony [Models of regulation of sustainable development of agroecosystems in the conditions of the dry steppe zone]. *Ynnovatsyonnye podkhody k obespecheniyu ustoichyvoho rozvytyia sotsyo-ekoloho-ekonomycheskykh system: Materyaly piatoi Mezhdunarodnoi konferentsyy*. Ynstytut ekolohyy Volzhskoho basseina RAN. Samarskiy hosudarstvennyi ekonomycheskiy unyversytet., 113–117. [in Russian]
 18. Realyzatsiia potentsyala selskokhoziaistvennoho rehyona [Realization of the potential of the agricultural region]. (2016). FHBOU VO Volhohradskiy HAU. Volhohrad: Scientific magazine «Kontsep». [in Russian]
 19. Statystychnyi zbirnyk «Silske hospodarstvo Ukrainy» za 2016 rik [Statistical collection “Agriculture of Ukraine” for 2016]. (2016). Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, Kyiv. [in Ukrainian]
 20. Statystychnyi zbirnyk «Roslynnnytstvo Odeskoi oblasti» za 2016 rik [Statistical collection “Crop production of Odessa region” for 2016]. (2016). Derzhavna sluzhba statystyky v Odeskii oblasti, Odesa. [in Ukrainian]

Ю.А. Тарарико, Ю.В. Сорока, Р.В. Сайдак

**Климатические изменения и экономическая эффективность
аграрного производства в степной зоне**

Аннотация. Вследствие современных климатических изменений фактически вся территория Степи Украины по годовому коэффициенту увлажнения относится к сухой и очень сухой зонам, относительная площадь которых увеличилась в сравнении с 1960–1990 гг. на 13,2 % к общей

площади страны. Одновременно по Украине фактически поливается примерно 500 тыс. га или 19% от исходных площадей. В результате исследований установлено, что использование высокого уровня тепловых ресурсов в сухостепной зоне ограничивается недостаточными условиями увлажнения. За показателем ГТК в регионе в 80% случаев наблюдаются сильно и средне засушливые условия вегетационного периода. Установлено существование тесной прямой зависимости между ценой реализации продукции всех исследуемых культур и их себестоимостью, а также обратной зависимости этих показателей с урожайностью посевов. Прибыльность за 2011–2016 гг. колебалась: для пшеницы озимой в пределах 17–153 у.е./га со средним значением 86 у.е./га, рапса озимого – 39–273 у.е./га со средним значением 166 у.е./га и подсолнечника – 116–315 у.е./га со средним значением 192 у.е./га. Кукуруза и соя в отдельные годы оказались убыточными, что очевидно и определяет незначительные площади их посевов в регионе. Это свидетельствует о высокой экономической нестабильности производственной деятельности в изменяемых погодных условиях, что сопровождается значительными рисками для производителей. Вообще, при нестабильных условиях увлажнения амплитуда колебания чистого дохода с одного гектара пашни в Одесской области составляет 33–188 у.е./га при среднем уровне 111 у.е./га. Несколько повысить эти показатели можно за счет увеличения в структуре посевных площадей рапса озимого. При оптимизации водно-воздушного режима почвы и севооборотного фактора прибыльность аграрного производства в регионе можно довести до 580–600 у.е./га. Аналогичные показатели получены в результате анализа статистических данных южных областей в пределах сухостепной зоны.

Ключевые слова: сухостепная зона, климатические изменения, структура посевных площадей, урожайность, себестоимость, цена реализации, чистая прибыль.

Yu.O. Tararico, Yu.V. Soroka, R.V. Saidak

Climate change and economic efficiency of agricultural production in the Steppe zone

Abstract. Due to ongoing climate change, almost the entire territory of the Steppe of Ukraine, according to the annual humidity coefficient, belongs to the dry and very dry zones, the relative area of which has increased by 13.2% of the total area of the country compared to the period of 1960–1990s. At the same time, for today in Ukraine only about 500 thousand hectares are actually irrigated, that is 19% of the potential area. The study has shown that the use of significant heat supply in the dry steppe zone is limited by insufficient water supply conditions. According to the HTC in the region, 80% of cases show severe and moderately arid vegetation conditions. It was proved a close direct relationship between the sale price of products of all studied crops and their cost price, as well as the inverse relationship of these indicators with the crop yield. The profitability of winter wheat from 2011 till 2016 ranged from 17 to 153 USD/ha with an average value of 86 USD/ha, winter rape – from 39 to 273 USD/ha with an average value of 166 USD/ha and sunflower – from 116 to 315 USD/ha with an average value of 192 USD/ha. Corn and soybeans have proven to be unprofitable in some years, which obviously explains rather small areas under these crops in the region. Above mentioned demonstrates the high economic instability of agricultural production in changing weather conditions, which is accompanied by significant risks for producers. In general, under unstable water supply, the magnitude of net profit variation per hectare of arable land in Odessa region is 33–188 USD/ha (111 USD/ha on average). It is possible to increase these indicators by increasing the share of winter rape in the cropping system. With the optimization of the water and air soil regimes as well as crop rotation factor, the profitability of agricultural production in the region can be increased up to 580–600 USD/ha. Similar results were obtained after analyzing the statistical data from the southern regions within the dry steppe zone.

Key words: dry-steppe zone, climate change, cropping system, yield, cost price, sale price, net profit.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-250>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/250>

УДК 631.412; 551.583

ВПЛИВ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІВОЗМІН У СИСТЕМІ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

С.І. Кудря, канд. с.-г. наук

Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, Харків, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4581-8426>; e-mail: kudryasi.com@gmail.com,

Анотація. Оптимізація водно-повітряного режиму ґрунту шляхом проведення різних видів меліорацій дає змогу значною мірою нівелювати негативну дію несприятливих погодних умов і забезпечити високу сталість агроєкосистем. Однак, стосовно вимог до органічного землеробства в районах із дефіцитом зволоження без достатніх водних ресурсів і без застосування добрив ефективно вести аграрне виробництво проблематично. Отже встановлення закономірностей динаміки агрофізичних властивостей ґрунтового покриву з урахуванням їх впливу на біопродуктивність агрофітоценозів за змінних погодних умов є теоретичною основою вирішення проблеми підвищення сталості землеробства, зокрема за використання лише природного фону родючості й отримання органічної продукції рослинництва. На інформаційній базі стаціонарного агротехнічного дослідження встановлено, що щільність складення ґрунту коливається за роками і залежить від гідротермічних умов, що складаються з достовірністю апроксимації – 0,75. Відзначено зворотню залежність між щільністю складення ґрунту та його водопроникністю в розрізі сівозмін із $R^2 = 0,8-0,9$, за роками з $R^2 = 0,6$. Коефіцієнт варіації врожайності бобових культур складає 30–33%, пшениці озимої – 33–37%, ячменю ярого – 36–37%, що є показниками її низької сталості за роками. Урожайність культур залежно від особливостей погодних умов року також істотно коливалася: гороху в межах 0,8–3,2, чини – 0,8–2,6, пшениці озимої – 0,6–6,8, гречки – 0,6–1,9, ячменю ярого – 0,6–3,5 т/га. Сівозмінна з горохом за продуктивністю (середня 2,4 т/га зерна) переважає інші при збереженні закономірностей коливання цього показника стосовно гідротермічних умов. За середньостатистичної ціни реалізації прибутковість з 1 га сівозмінної площі всіх досліджуваних сівозмін виявилася одного рівня з коливанням у несприятливі роки 27–35 у. о./га, у сприятливі – 97–104 у. о./га, з середнім рівнем 66–73 у. о./га. Якщо припустити, що ціна реалізації органічної продукції буде на 25% вище порівняно зі звичайною, то середня за роками прибутковість зростає втричі. Перспективи подальших досліджень мають відповідати загальносвітовому тренду наукових досліджень, спрямованих на розробку концептуальних засад впливу гідротермічних умов на агрофізичні властивості ґрунту з урахуванням їх впливу на біопродуктивність агрофітоценозів як теоретичної основи вирішення проблеми підвищення сталості землеробства, зокрема за використання лише природного фону родючості органік-орієнтованої моделі розвитку аграрного сектора економіки.

Ключові слова: кореляція, гідротермічні умови, щільність складення ґрунту, урожайність, сівозмінна, чистий прибуток, органічна продукція.

Актуальність дослідження. Мінливість погоди найбільшою мірою впливає на щорічні коливання продуктивності рослин і від цього залежить ефективність управлінських рішень у сільськогосподарському виробництві [1–5]. За цього продуктивність земель сільськогосподарського призначення визначається складним комплексом умов: чергуванням культур у сівозміні, запасами доступних біогенних елементів, агрофізичними властивостями ґрунту, станом і структурою ґрунтової біоти, біологічними особливостями сортів і гібридів, рівнем застосування органічних і мінеральних добрив, кліматичними та агрометеорологічними умовами [6–8]. Останні часто відіграють вирішальне значення [9–15].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Результати стаціонарних агротехнічних дослідів [16; 17] показують, що внаслідок щорічної мінливості погоди рівень урожайності коливається в широкому діапазоні навіть у межах однієї ґрунтово-кліматичної зони. Зрозуміло, що серед найбільш дієвих, вагомих і поширених факторів підвищення продуктивності та стійкості агроєкосистем є різні види меліорацій, зокрема гідротехнічна та агрохімічна. Як правило, оптимізація водно-повітряного та поживного режимів ґрунту дає змогу майже повністю нівелювати негативну дію несприятливих погодних умов і забезпечити високу сталість систем землеробства [18]. Однак, стосовно вимог до

© Кудря С.І., 2020

органічного землеробства в районах із дефіцитом вологи без достатніх водних ресурсів і без застосування добрив ефективно вести аграрне виробництво проблематично.

При мінливості погоди змінюється рухомість макро- та мікроелементів у ґрунті, темпи життєдіяльності рослин, інтенсивність фотосинтезу і дихання, активність біохімічних процесів обміну речовин, ступінь розвитку кореневої системи та інше, що, своєю чергою має вплив на потребу і темпи споживання рослинами поживних речовин. Отже встановлення закономірностей динаміки основних властивостей ґрунтового покриву з урахуванням їх впливу на біопродуктивність агрофітоценозів у змінних погодних умовах є теоретичною основою вирішення проблеми підвищення сталості землеробства, зокрема за використання лише природного фону родючості та отримання органічної продукції рослинництва [19–21].

Продуктивність рослин є функцією відповідності рівнів світлового та мінерального живлення. Чим вище рівень світлового живлення, тим при оптимальному забезпеченні вологою більше синтезується вуглеводів у рослин і тим більше біогенних елементів вони здатні засвоїти [22]. Світло впливає на азотне живлення не лише через фотосинтетичні процеси, а й через транспірацію. Остання відіграє важливу роль у транспортуванні рухомих сполук мінеральних речовин і залежить не лише від сонячної радіації, а й від температури та вологості. За підвищеної вологості повітря рослини менш чутливі до підвищення концентрації поживного розчину [23].

Температура діє на швидкість руху води та розчинених солей у ґрунті і тим самим впливає на темпи надходження поживних речовин у рослини з ґрунту та добрив. За невисоких температур зменшується надходження азоту та послаблюється його вплив на утворення органічних сполук. За більш низьких температур поглинання кореневою системою азоту та фосфору різко знижується. Поглинання калію за цього знижується не так помітно. В інтервалі температур 10–25 °C підвищується мобілізація поживних речовин із ґрунту. Оптимальна температура для надходження азоту та фосфору в рослини знаходиться в межах 23–25 °C. Вона наближається до оптимальних температур росту зернових культур у період трубкування–колосіння і відповідає 22–24 °C денних температур або 14–16 °C середньодобових [24; 25].

Рівень забезпечення ґрунтової вологи також впливає на доступність поживних речовин у ґрунті та на використання їх росли-

нами. При значному дефіциті вологи в ґрунті наявні макро- та мікроелементи не дають позитивного ефекту і можуть негативно діяти на формування врожаю. Надлишкове зволоження порушує водно-повітряний режим ґрунту, пригнічує процеси нітрифікації, зменшує надходження до рослин елементів живлення, сприяє накопиченню токсичних речовин. Наприклад, якщо за оптимального рівня зволоження коефіцієнт використання рослинами азоту з добрив становить 57%, то за надлишкового – лише 9% [26; 27].

Низкою спеціальних досліджень було встановлено, що залежність землеробства від метеорологічних факторів з часом не лише не знижується, а, навпаки, певною мірою навіть підвищується, що виражається в зростанні абсолютних відхилень урожайності від середнього рівня і збільшенні різниці між найбільш врожайними та неврожайними роками. Цю закономірність пояснюють, перш за все, тим, що сучасні високопродуктивні сорти та гібриди, маючи більш високий рівень обміну речовин і енергії, характеризуються підвищеною чутливістю до умов середовища і досить відчутно реагують на будь-які порушення водного, теплового та поживного режимів [28; 29].

Мета дослідження – встановити закономірності змін агрофізичних властивостей чорнозему типового та врожайності культур у різних сівозмінах стосовно динаміки агрометеорологічних факторів в умовах недостатнього зволоження та потенціал продуктивності круп'яних і зернових культур у системі органічного землеробства без застосування мінеральних добрив.

Матеріали і методи дослідження. Оцінювання та прогноз умов вологозабезпечення проведено на основі кліматичного водного балансу (КВБ) [30]. Дослід закладено у 1962 р., де вивчали польові сівозміни з різними попередниками пшениці озимої. У цьому матеріалі розглянуто 3 сівозміни: I. 1 – чистий пар; 2 – пшениця озима; 3 – гречка; 4 – ячмінь ярий, II. 1 – горох; 2 – пшениця озима; 3 – гречка; 4 – ячмінь ярий, III. 1 – чина; 2 – пшениця озима; 3 – гречка; 4 – ячмінь ярий.

При закладанні та проведенні польового стаціонарного дослідження використовували методики Б.О. Доспехова [31], П.М. Константинова [32], В.О. Єщенка [33]. Відбір і підготовку зразків до аналізу здійснювали за Ю.К. Кудзіним [34].

Для оцінки розмаху коливань урожайності культур і продуктивності сівозміни за роками використано коефіцієнт варіації [35].

Оцінку економічної ефективності сівозмін здійснювали за даними Держкомстату України з використанням інформації з собівартості зерна вирощуваних культур та за ціною його реалізації в середньому за 5 років [36].

Результати дослідження та їх обговорення. Район досліджень належить до східної частини Лісостепової природно-кліматичної зони з недостатнім рівнем природного вологозабезпечення. Внаслідок кліматичних змін середньорічна температура повітря має стійку тенденцію до зростання (рис. 1).

У середньому за роки досліджень, порівнюючи з 1961–1990 рр., середньорічна температура повітря підвищилася на 1,2 °С і ця тенденція зберігається. Незважаючи на загальну тенденцію зменшення річної кіль-

кості опадів, особливо за останні три роки, їх середнє значення за 1996–2019 рр. відповідає рівню нормативного періоду. У зв'язку зі значним підвищенням температурного режиму в районі підвищується і рівень потенційного випаровування, що суттєво знижує умови вологозабезпечення території впродовж року. Якщо на кінець травня дефіцит КВБ, розрахованого наростаючим підсумком, становить 65 мм, то до кінця вегетаційного періоду він зростає до 332 мм (рис. 2), проти 6 і 274 мм у нормативний період відповідно.

Загалом за рік динаміка КВБ має стійку тенденцію до зниження. Якщо у 1996–2002 рр. річний дефіцит КВБ становив 100–200 мм, то в 2010–2019 – 300–400 мм і більше. Суттєве зниження умов зволоження вегетаційного

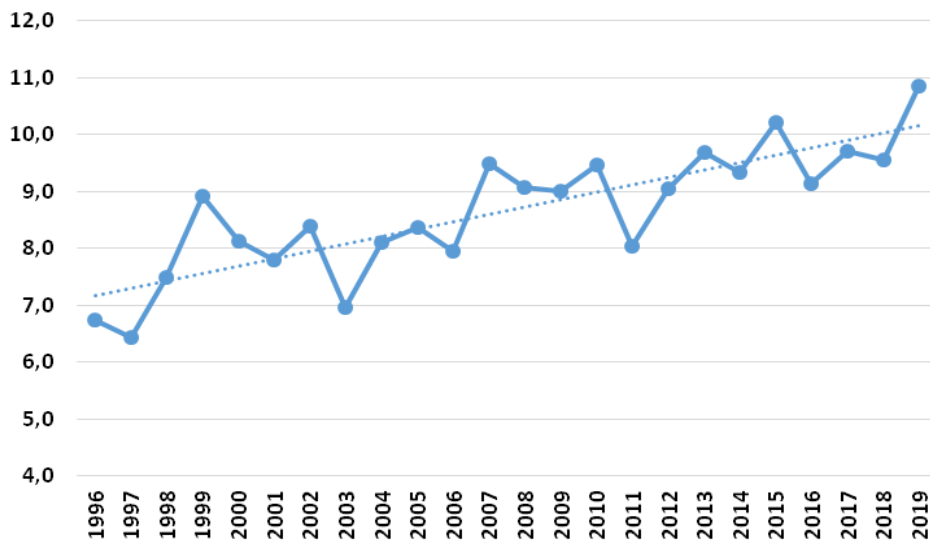


Рис. 1. Динаміка середньорічної температури повітря, °С

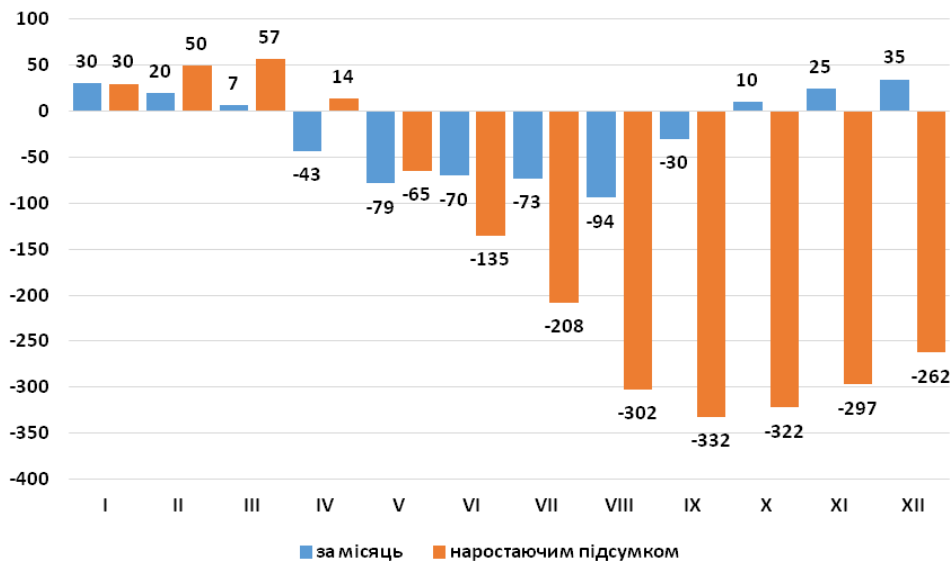


Рис. 2. Динаміка помісячного кліматичного водного балансу в середньому за 1996–2019 рр., мм

періоду підтверджується і за результатами оцінки гідротермічного коефіцієнта. У 1996–2005 рр. середнє значення ГТК за квітень–вересень становило 1,0–1,2 (рис. 3), що за шкалою оцінки ступеня посушливості відповідає слабкому зволоженню [37], а в останні роки менше 0,7. Загалом за 1996–2019 рр. сильно та середньо посушливі умови вегетаційного періоду відмічались у 58% років, а достатнє зволоження – лише в 21% (табл. 1), тобто 2 роки із 10.

Отже, за наявних кліматичних змін відбулося суттєве погіршення умов природного вологозабезпечення, що обмежує реалізацію потенціалу родючості ґрунту, а в результаті і рівня продуктивності сільськогосподарських культур.

Щільність складення ґрунту за роками досліджень істотно коливалася. Наприклад, у сівозміні з чистим паром у шарі 0–15 см цей показник мінімально складав 1,01 г/см³, амаксимально–1,20г/см³ізсереднімзначенням 1,15 г/см³. Причому аналогічні коливання за роками відзначалися в інших сівозмінах, особливо в шарі 15–30 см, що свідчить про наявність загального чинника, який впливає на даний показник. Кореляційний аналіз показав,

що таким чинником є стан зволоження ґрунту, який визначається КВБ в окремі роки.

Так, за період січень–липень у сівозміні з чистим паром КВБ мінімально становив –183 мм, максимальнo – +26 мм. Відповідно в згадані роки щільність ґрунту складала 1,23 і 1,01 г/см³ зі збереженням залежності за цим показником по всіх сівозмінах. Загалом за роками досліджень показник достовірності апроксимації між щільністю складення шару ґрунту 0–15 см і КВБ становив $R^2 = 0,75$. Слід також відзначити, що співставлення водопроникності ґрунту зі щільністю складення його 0–15 см шару в розрізі сівозмін показало наявність зворотної залежності з $R^2 = 0,8–0,9$, а за роками досліджень – з $R^2 = 0,6$. У сівозміні з чистим паром за щільності складення ґрунту 1,15 г/см³ середня за годину водопроникність становила 826 мм, а в сівозміні з горохом відповідно 1,08 г/см³ і 1385 мм/год., у сівозміні з чиною – 1,17 г/см³ і 577 мм/год.

Урожайність культур залежно від особливостей погодних умов року також істотно коливалася. Так, наприклад, вихід зерна гороху змінювався в межах 0,8–3,2 т/га, чини – 0,8–2,6 т/га. Змінні агрометеорологічні фактори

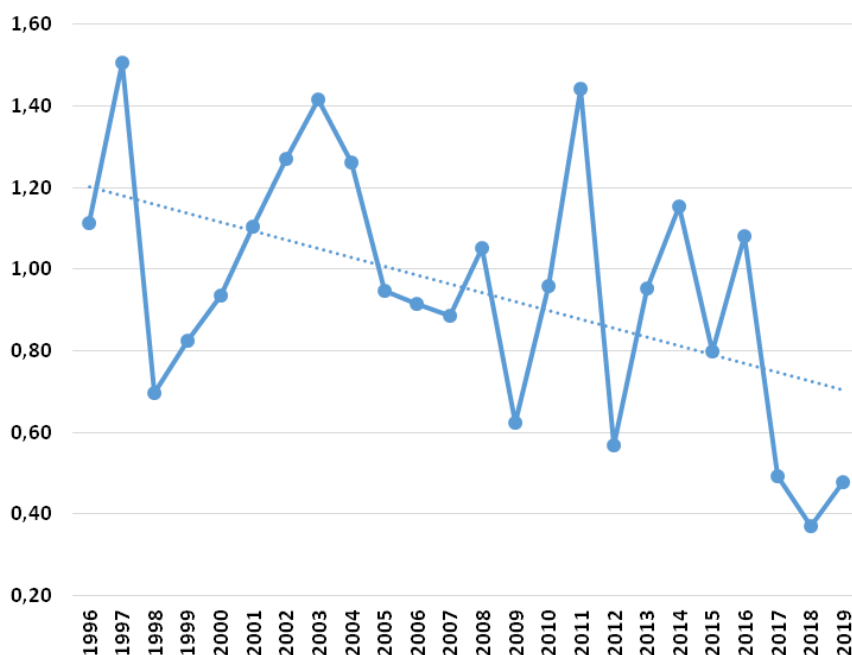


Рис. 3. Динаміка ГТК за квітень–вересень

1. Частота повторень різних рівнів зволоження вегетаційного періоду за ГТК (1996-2019 рр.)

Ступінь посушливості	ГТК	Частота повторень, %
сильно посушливо	менше 0,7	25
середньо посушливо	0,71–1,00	33
слабке зволоження	1,01–1,20	21
достатнє зволоження	1,21–1,80	21

на ці культури впливали порізно та кореляції між їх урожайністю за роками не відзначається при перевазі за середніми і максимальними значеннями гороху над чиною. Навпаки, урожайність пшениці озимої по чистому пару після гороху та після чини за роками коливалася в єдиній закономірності з R^2 на рівні 0,9. Хоча, за середніми та максимальними значеннями чистий пар істотно переважає горох, а горох – чину. Аналогічні тенденції впливу погодних умов і попередників на вихід зерна відзначаються на гречці та ячмені ярого (рис. 4).

У цілому коефіцієнт варіації врожайності бобових культур складає 30–33%, пшениці озимої – 33–37%, ячменю ярого – 36–37%, що є показниками її низької сталості за роками. Лише гречка має середній рівень варіації – 23–25%.

Середня за роками продуктивність сівозмін за зерновими одиницями істотно відрізняється за збереження тенденцій впливу особливостей погодних умов на даний показник з $R^2 = 0,75–0,90$. У сівозміні з чистим паром вихід зерна пшениці, гречки та ячменю на гектар сівозмінної площі становить мінімально 1,06, максимально – 2,87 із середнім значенням 2,01 т/га, у сівозміні з горохом відповідно 1,51; 2,98 і 2,41 т/га та у сівозміні з чиною – 1,44; 2,83 і 2,24 т/га. Відповідно можна рекомендувати ротацію з горохом, що у середньому забезпечує на рівні 2,4 т/га зерна для отримання органічних крупп або борошна.

З метою порівняння економічної ефективності культур і сівозмін використовували дані Держкомстату в середньому за 6 років: для гороху і чини ці показники склали 229 і 251 у.о./т, для пшениці озимої – 148 і 170 у.о./т, для гречки – 320 і 422 у.о./т та для ячменю ярого – 156 і 168 у.о./т.

Найвищий чистий прибуток порівняно з іншими культурами забезпечує гречка (табл. 2). За мінімальної врожайності по досліджуванім сівозмінам ця культура дає змогу отримувати 63–88 у.о./га, за середньої – 124–138 у.о./га та за максимальної – 189–203 у.о./га. У несприятливі роки ячмінь ярий дає 12–13 у.о./га, з максимальним значенням 33–42 у.о./га та з середнім рівнем – 27–29 у.о./га. Пшениця озима дає змогу отримувати мінімально 14–20 у.о./га, максимально – 122–150 у.о./га та в середньому – 80–95 у.о./га, горох – 29, 41 та 48 у.о./га відповідно, чина – 17, 58 і 40 у.о./га.

За прибутковістю на 1 га сівозмінної площі всі досліджувані сівозміни виявилися аналогічними з коливанням у несприятливі роки 27–35 у.о./га, у сприятливі – 97–104 у.о./га, з середнім рівнем – 66–73 у.о./га. Якщо припустити, що ціна реалізації органічної продукції буде на 25% вище порівняно зі звичайною, то середня за роками прибутковість зросте втричі.

Перспективи подальших досліджень мають відповідати загальносвітовому тренду,

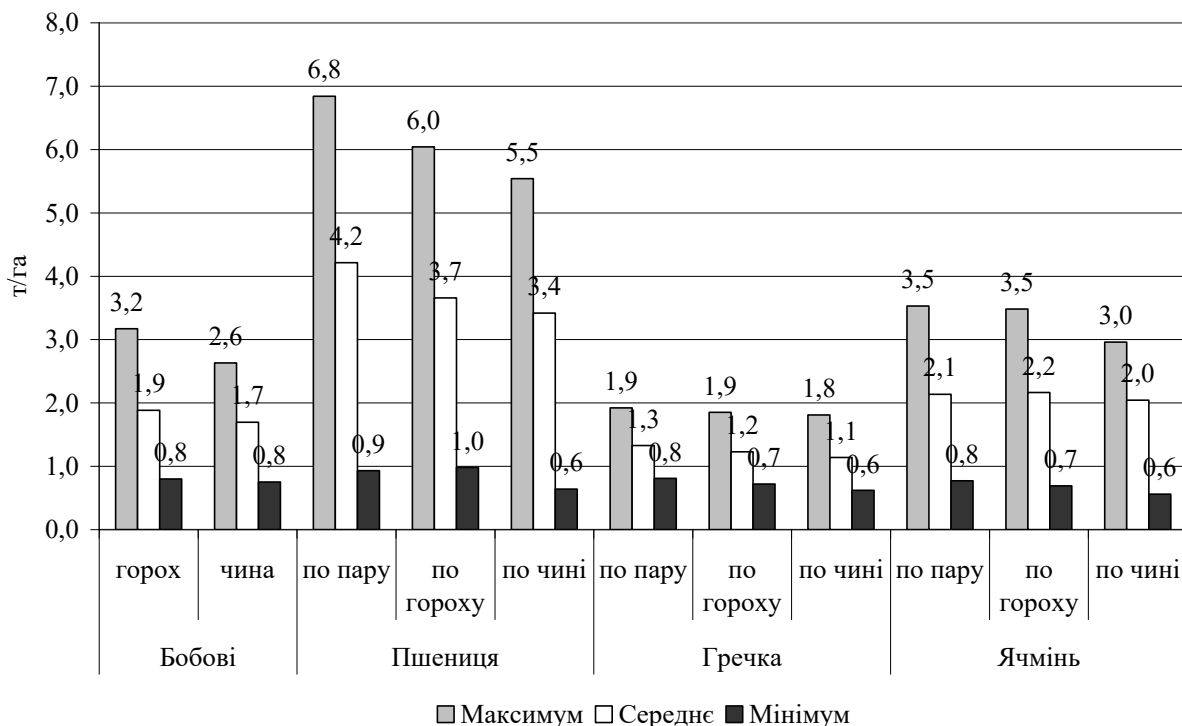


Рис. 4. Межі коливання врожайності культур за роками і сівозмінами

2. Чистий прибуток на гектар сівозмінної площі в середньому за роками в найбільш сприятливі та несприятливі роки за погодними умовами

Культури і сівозміни	Заграти			Валовий дохід			Чистий прибуток		
	1**	2	3	1	2	3	1	2	3
Горох	302	725	495	331	796	543	29	71	48
Чина	172	602	421	188	660	461	17	58	40
Пшениця по пару	138	1012	642	158	1163	738	20	150	95
Пшениця після гороху	145	894	561	167	1027	644	22	133	83
Пшениця після чини	95	820	539	109	942	619	14	122	80
Гречка в сівозміні з паром	275	614	434	363	810	572	88	196	138
Гречка в сівозміні з горохом	234	592	414	308	781	545	74	189	132
Гречка в сівозміні з чиною	198	638	390	262	841	515	63	203	124
Ячмінь у сівозміні з паром	173	551	368	186	593	397	13	42	28
Ячмінь у сівозміні з горохом	165	543	374	178	585	403	13	42	29
Ячмінь у сівозміні з чиною	162	432	352	175	465	379	12	33	27
На 1 га сівозміни з паром	147	544	361	<u>177</u> 221*	<u>642</u> 802	<u>427</u> 533	<u>30</u> 75	<u>97</u> 258	<u>66</u> 172
На 1 га сівозміни з горохом	211	688	461	<u>246</u> 308	<u>797</u> 996	<u>534</u> 667	<u>35</u> 96	<u>108</u> 308	<u>73</u> 206
На 1 га сівозміни з чиною	157	623	426	<u>183</u> 229	<u>727</u> 909	<u>494</u> 617	<u>27</u> 72	<u>104</u> 286	<u>68</u> 191

*У знаменнику валовий і чистий прибуток за підвищення ціни реалізації на 25%;

**1 – мінімум, 2 – максимум, 3 – середнє

який спрямовано на розробку концептуальних засад впливу гідротермічних умов на агрофізичні властивості ґрунту з урахуванням їх впливу на біопродуктивність агрофітоценозів як теоретичної основи вирішення проблеми підвищення сталості землеробства, зокрема за використання лише природного фону родючості органік-орієнтованої моделі розвитку аграрного сектора економіки.

Висновки. Щільність ґрунту коливається за роками і залежить від гідротермічних умов, що складаються. Відзначається також кореляція між щільністю складення ґрунту та його водопроникністю. Коефіцієнт варіації врожайності бобових культур складає 30–33%, пшениці озимої – 33–37%, ячменю

ярого – 36–37%, що є показниками її низької сталості за роками. Сівозміна з горохом за продуктивністю зерна в середньому переважає інші при збереженні закономірностей коливання цього показника стосовно гідротермічних умов і умов живлення за роками досліджень. За середньостатистичної ціни реалізації прибутковість з 1 га сівозмінної площі всіх досліджуваних сівозмін виявилася одного рівня з коливанням у несприятливі роки 27–35 у.о./га, у сприятливі – 97–104 у.о./га, із середнім рівнем 66–73 у.о./га. Якщо припустити, що ціна реалізації органічної продукції буде на 25% вище порівняно зі звичайною, то середня за роками прибутковість зросте втричі.

Бібліографія

1. Кривошеїн О.О., Однолеток Л.П., Дзюба Л.П. Оцінка впливу погодних умов та організаційно-технологічних заходів на урожайність озимої пшениці за її кліматичним потенціалом. Наукові праці УкрНДГМІ, 2016. Вип. 269. С. 151–158.
2. Мюллер Д., Юнгандреас А., Кох Ф, Шірхорн Ф. Вплив кліматичних змін на виробництво пшениці в Україні. Київ, 2016. 45 с.
3. A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems. Heino, M.; Guillaume, JHA; Muller, C.; et al. COPERNICUS GESELLSCHAFT MBH Volume: 11 Issue: 1 Pages: 113–128. Published: FEB 11 2020. DOI: 10.5194/esd-11-113-2020.
4. Synchronous crop failures and climate-forced production variability. By: Anderson, W.B.; Seager, R.; Baethgen, W.; et al. SCIENCE ADVANCES Volume: 5 Issue: 7 Article Number: eaaw 1976 Published: JUL 2019. DOI:10.1126/sciadv.aaw1976.
5. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. By: Challinor, A.J.; Watson, J.; Lobell, D.B.; et al. NATURE CLIMATE CHANGE Volume: 4 Issue: 4 Pages: 287–291 Published: APR 2014. DOI:10.1038/NCLIMATE2153.

6. Панфілова А. В., Гамаюнова В. В. Формування надземної маси сортів пшениці озимої залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. 2018. № 22(1). С. 332–339.
7. Сталість землеробства: проблеми і шляхи вирішення / Сайко В.Ф., Малієнко А.М., Мазур Г.А. та ін.; за ред. В.Ф. Сайка. 2-е вид., переробл. і допов. Київ: Урожай, 1993. С. 3–8.
8. Меліоровані агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України (зони зрошення і осушення); за ред. М.І. Ромащенко, Ю.О. Тараріко. Київ; Ніжин: Видавництво ПП Лисенко М.М., 2017. 696 с.
9. Довгаль Г.П. Оцінка залежності урожайності озимої пшениці від впливу метеорологічних факторів в умовах зони Лісостепу // Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. № 1-2. С. 157–160.
10. Калитка В.В. Інновації в інтенсивних технологіях вирощування зернових культур за умов глобального потепління і аридизації клімату Степової зони України // Інноваційні агротехнології в умовах глобального потепління: Міжнар. наук.-практ. конф.: матеріали тез, 4–6 червня 2009 р. Випуск 1. Мелітополь: ТДАТУ, 2009. С. 64–66.
11. Modeling the impacts of temperature and precipitation changes on soil CO₂ fluxes from a Switchgrass stand recently converted from cropland (2016) / [L. Lai, S. Kumar, R. Chintala, V.N. Owens, D. Clay, J. Schumacher, A.S. Nizami, S.S. Lee, R. Rafique] // J Environ Sci (China). May. № 43. P. 15–25.
12. North-Eurasian Climate Center – Review of the state of climate change for 2016 (January-December).
13. Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. By: Deryng, D.; Sacks, W.J.; Barford, C.C.; et al. GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES Volume: 25 Article Number: GB 2006. Published: MAY 20 2011. DOI: 10.1029/2009GB003765.
14. Adapting agriculture to climate change. By: Howden, S. Mark; Soussana, Jean-Francois; Tubiello, Francesco N.; et al. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA Volume: 104 Issue: 50 Pages: 19691–19696 Published: DEC 11 2007. DOI: 10.1073/pnas.0701890104.
15. Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. Holzkamper, A.; Calanca, P.; Fuhrer, J. AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY Том: 168 Pages: 149–159 Published: JAN 15 2013. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.09.004.
16. Стационарні польові дослідження України. Реєстр атестатів. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.
17. Кулик М.І., Рожко І.І. Вплив погодних умов вегетаційного періоду на елементи продуктивності та урожайності проса прутіподібного // Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. № 4. С. 50–55.
18. Наукові засади розвитку аграрного сектора економіки південного регіону України / за ред.: М.І. Ромащенко, Р.А. Вожегової, А.П. Шатковського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 438 с.
19. Броунов П.И. Избранные сочинения. Т. 2. Сельскохозяйственная метеорология. Ленинград: Гидрометеиздат, 1957. 340 с.
20. Дояренко А.Г. Факторы жизни растений. Москва: Сельхозгиз, 1966. 280 с.
21. Зоидзе Е.К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. 224 с.
22. Куперман И.А. К регуляции соответствия между уровнями азотного питания у высших наземных растений // В кн.: Физиологические механизмы адаптации и устойчивости растений. Ч. 1. Новосибирск: Наука, 1972. С. 5–33.
23. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 200 с.
24. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. 284 с.
25. Мищенко З.А. Суточный ход температуры воздуха и его агроклиматическое значение. Ленинград: Гидрометеиздат, 1962. 200 с.
26. Кулик М.С. Гидрометеорологические условия, вызывающие потери азота с внутрипочвенным стоком. В кн. Агрометеорологические аспекты повышения продуктивности земледелия. Обнинск, 1970.
27. Сапожников Н.А. Азот в земледелии нечерноземной полосы. Ленинград: Колос, 1973. 322 с.
28. Николаев М.В. Современный климат и изменчивость урожаев. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1994. 200 с.

29. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Влияние глобального потепления на агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России// *Метеорология и гидрология*. 1994. № 4. С. 101–111.
30. Georgeta B., Remus P. Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *J. Geogr. Sci.* 2015. № 25(11). P. 1307–1327.
31. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / под. ред. В.Е. Егорова. Москва: Колос, 1965. 432 с.
32. Константинов П.Н. Основы сельскохозяйственного опытного дела. Москва: Сельхозгиз, 1952. 446 с.
33. Основы наукових досліджень в агрономії / Єщенко В.О. та ін./ Київ: Дія, 2005. 288 с.
34. Кудзин Ю.К. Отбор растительных проб кукурузы в поле и подготовка их для анализа. Методические указания географической сети полевых опытов с удобрениями. 1963. Вып. 9. С. 10–14.
35. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.
36. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2016 рік. Київ: Державна служба статистики України, 2016. С. 2–246.
37. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з урахуванням зміни клімату. Біла Церква: ТОВ «РІА» БЛПЦ, 2014. 16 с.

References

1. Kryvoshein, O.O., Odnolietok, L.P. & Dziuba, L.P. (2016). Otsinka vplyvu pohodnykh umov ta orhanizatsiino-tekhnologichnykh zakhodiv na urozhainist ozymoi pshenytsi za yii klimatychnym potentsialom [Assessment of the impact of weather conditions and organizational and technological measures on the yield of winter wheat by its climatic potential]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, 269, 151–158. [in Ukrainian]
2. Miuller, D., Yunhandreas, A., Kokh, F., & Shirkhorn, F. (2016). Vplyv klimatychnykh zmin na vyrobnytstvo pshenytsi v Ukraini [The impact of climate change on wheat production in Ukraine]. Kyiv.
3. Heino, M., Guillaume, J.H.A., & Muller, C. (2020). A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems. *COPERNICUS GESELLSCHAFT MBH*, Vol.11, Iss. 1, 113–128. doi: 10.5194/esd-11-113-2020.
4. Anderson, W.B., Seager, R., & Baethgen, W. (2019). Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *SCIENCE ADVANCES*, Vol. 5, Iss. 7, Article Number: eaaw 1976. doi:10.1126/sciadv.aaw1976.
5. Challinor, A.J., Watson, J., & Lobell, D.B. (2018). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation.; et al. *NATURE CLIMATE CHANGE*, Vol. 4, Iss. 4, 287–291. doi: 10.1038/NCLIMATE2153.
6. Panfilova, A.V., & Hamaiunova, V.V. (2018). Formuvannia nadzemnoi masy sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid optymizatsii zhyvlennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Formation of aboveground mass of winter wheat varieties depending on nutrition optimization in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*, 22(1), 332–339. [in Ukrainian]
7. Saiko, V.F., Maliienko, A.M., & Mazur, H.A. et al. (1993). Stalist zemlerobstva: problemy i shliakhy vyryshennia [Sustainability of agriculture: problems and solutions]. V. F. Saiko (Ed.). Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
8. Romashchenko, M.I., & Tarariko, Yu.O. (Ed.). (2017). Meliorovani ahroekosystemy. Otsinka ta ratsionalne vykorystannia ahroresursnoho potentsialu Ukrainy (zony zroshennia i osushennia) [Reclaimed agroecosystems. Assessment and rational use of agro-resource potential of Ukraine (irrigation and drainage zones)]. Kyiv; Nizhyn: P P Lysenko M. M. [in Ukrainian]
9. Dovhal, H.P. (2017). Otsinka zalezhnosti urozhainosti ozymoi pshenytsi vid vplyvu meteorologichnykh faktoriv v umovakh zony Lisostepu [Estimation of dependence of winter wheat yield on influence of meteorological factors in the conditions of the Forest-Steppe zone]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1-2, 157–160. [in Ukrainian]
10. Kalytka, V.V. (2009). Innovatsii v intensyvnykh tekhnolohiiakh vyroshchuvannia zernovykh kultur za umov hlobalnoho poteplinnia i arydyzatsii klimatu Stepvoi zony Ukrainy [Innovations in intensive technologies of grain growing under conditions of global warming and aridization of the climate of the Steppe zone of Ukraine]. *Innovatsiini ahrotekhnolohii v umovakh hlobalnoho poteplinnia: Mizhnar. nauk.-prakt. konf.: materialy tez. Melitopol: T DATU*, 1, 64–66. [in Ukrainian]

11. Lai, L., Kumar, S., Chintala, R., Owens, V.N., Clay, D., Schumacher, J., Nizami, A.S., Lee, S.S., Rafique, R. (2016). Modeling the impacts of temperature and precipitation changes on soil CO₂ fluxes from a Switchgrass stand recently converted from cropland. *J Environ Sci (China)*, № 43, 15–25.
12. North-Eurasian Climate Center – Review of the state of climate change for 2016 (January-December).
13. Deryng, D., Sacks, W.J., Barford, C.C., & Ramankutty, N. (2011). Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global Biogeochem. Cycles*, 25, GB2006. doi:10.1029/2009GB003765.
14. Howden, S.M., Soussana, J.F., Tubiello, F.N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19691–19696. doi: 10.1073/pnas.0701890104.
15. Holzkämper, A., Calanca, P., & Fuhrer, J. (2013). Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*. 168. 149–159. doi: 10.1016/j.agrformet.2012.09.004.
16. Stacionarni polovi doslidy Ukrainy. Reiestr atestativ [Stationary field experiments in Ukraine. Register of certificates]. (2014). Kyiv: Ahrar. nauka. [in Ukrainian]
17. Kulyk, M.I., & Rozhko, I.I. (2017). Vplyv pohodnykh umov vechetatsiinoho periodu na elementy produktyvnosti ta urozhainosti prosa prutopodibnoho [The influence of weather conditions of the growing season on the elements of productivity and yield of millet]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 50–55. [in Ukrainian]
18. Romashchenko, M.I., Vozhehova, R.A., & Shatkovskiy, A.P. (Ed.). (2017). *Naukovi zasady rozvytku ahrarnoho sektora ekonomiky pivdennoho rehionu Ukrainy* [Scientific principles of development of the agricultural sector of the economy of the southern region of Ukraine]. Kherson: OLDI-PLIUS. [in Ukrainian]
19. Brounov, P.Y. (1957). *Yzbrannye sochyneniya. Selskokhoziaistvennaia meteorohyia* [Selected works. Agricultural meteorology]. (Vol 2). Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
20. Doyarenko A.G. (1966). *Faktory zhizni rasteniy* [Plant life factors]. Moskva: Sel'khozgiz. [in Russian]
21. Zoidze, Ye.K. (1987). *Pogoda, klimat i effektivnost' truda v zemledelii* [Weather, climate and labor efficiency in agriculture]. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
22. Kuperman, I.A. (1972). *K regulyatsii sootvetstviya mezhdru urovnyami azotnogo pitaniya u vysshikh nazemnykh rasteniy* [Regulating the correspondence between nitrogen nutrition levels in higher terrestrial plants]. *Fiziologicheskkiye mekhanizmy adaptatsii i ustoychivosti rasteniy*. Novosibirsk: Nauka, 1, 5–33. [in Russian]
23. Tooming, Kh.G. (1977). *Solnechnaya radiatsiya i formirovaniye urozhaya* [Solar radiation and crop formation]. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
24. Korovin, A.I. (1972). *Rol' temperatury v mineral'nom pitanii rasteniy* [The role of temperature in mineral nutrition of plants]. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
25. Mishchenko, Z.A. (1962). *Sutochnyy khod temperatury vozdukha i yego agroklimaticheskoye znacheniye* [Daily variation of air temperature and its agroclimatic value]. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
26. Kulik, M.S. (1970). *Agrometeorologicheskkiye aspekty povysheniya produktivnosti zemledeliya* [Agrometeorological aspects of increasing the productivity of agriculture]. Obninsk. [in Russian]
27. Sapozhnikov, N.A. (1973). *Azot v zemledelii nechernozemnoy polosy* [Nitrogen in agriculture of the non-chernozem belt]. Leningrad: Kolos. [in Russian]
28. Nikolayev, M.V. (1994). *Sovremennyy klimat i izmenchivost' urozhayev* [Modern climate and crop variability]. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat. [in Russian]
29. Sirotenko, O.D., & Abashina Ye.V. (1994). *Vliyaniye global'nogo potepleniya na agroklimaticheskkiye resursy i produktivnost' sel'skogo khozyaystva Rossii* [Impact of global warming on agro-climatic resources and agricultural productivity in Russia]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 4, 101–111. [in Russian]
30. Georgeta, B., & Remus, P. (2015). Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *J. Geogr. Sci.*, № 25(11), 1307–1327.
31. Dospekhov, B.A. (1965). *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. V.Ye. Yegorov (Ed.). Moskva: Kolos. [in Russian]
32. Konstantinov, P.N. (1952). *Osnovy sel'skokhozyaystvennogo opytного dela* [Agricultural experimental basics]. Moskva: Sel'khozgiz. [in Russian]

33. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P., & Kostohryz, P.V. (2005). *Osnovy nauk-ovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv: Diia. [in Ukrainian]
34. Kudzin, Yu.K. (1963). *Otbor rastitel'nykh prob kukuruzy v pole i podgotovka ikh dlya analiza* [Taking crop samples of corn in the field and preparing them for analysis]. *Metodicheskiye ukazaniya geograficheskoy seti polevykh opytov s udobreniyami*, 9, 10–14. [in Russian]
35. Lakin, G.F. (1990). *Biometriya* [Biometrics]. Moskva: Vyssh. shk. [in Russian]
36. *Sil'ske hospodarstvo Ukrainy* [Agriculture of Ukraine]. (2016). Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2–246. [in Ukrainian]
37. Adamenko, T.I. (2014). *Ahroklimatychnе zonuвання тerytorii Ukrainy z vrakhuvanniam zminy klimatu* [Agroclimatic zoning of the territory of Ukraine taking into account climate change]. Bila Tserkva: TOV «RIA» BLITs. [in Ukrainian]

С.И. Кудря

Влияние гидротермических условий на агрофизические свойства чернозёма типичного и продуктивность севооборотов в системе органического земледелия

Аннотация. Оптимизация водно-воздушного режима почвы путём применения различных видов мелиораций даёт возможность в значительной степени нивелировать негативное действие неблагоприятных погодных условий и обеспечить высокую стабильность агроэкосистем. Но соответственно в соответствии с требованиями к органическому земледелию в районах с дефицитом увлажнения без достаточных водных ресурсов и без применения удобрений эффективно вести аграрное производство проблематично. Таким образом, становление закономерностей динамики агрофизических свойств почвенного покрова с учётом их влияния на биопродуктивность агрофитоценозов при изменчивых погодных условиях является теоретической основой решения проблемы повышения стабильности земледелия, в частности при использовании только природного фона плодородия и получения органической продукции растениеводства. На информационной базе стационарного агротехнического опыта установлено, что плотность сложения почвы колеблется по годам и зависит от гидротермических условий, что складывается с достоверностью аппроксимации – 0,75. Отмечено обратную зависимость между плотностью сложения почвы и её водопроницаемостью в разрезе севооборотов с $R^2 = 0,8–0,9$, по годам с $R^2 = 0,6$. Коэффициент вариации урожайности бобовых культур составляет 30–33%, пшеницы озимой – 33–37%, ячменя ярового – 36–37%, что является показателем её низкой стабильности по годам. Урожайность культур в зависимости от особенностей погодных условий года также существенно колебалась: гороха в пределах 0,8–3,2, чины – 0,8–2,6, пшеницы озимой – 0,6–6,8, гречихи – 0,6–1,9, ячменя ярового – 0,6–3,5 т/га. Севооборот с горохом по продуктивности (2,4 т/га зерна) в среднем превосходит другие при сохранении закономерностей колебания этого показателя относительно гидротермических условий. При среднестатистической цене реализации доходность с 1 га севооборотной площади всех исследуемых севооборотов оказалась на одном уровне, с колебанием в неблагоприятные годы 27–35 у. е./га, в благоприятные – 97–104 у. е./га, со средним уровнем 66–73 у. е./га. Если предположить что цена реализации органической продукции будет на 25% выше по сравнению с обычной, тогда средняя по годам прибыль вырастет в три раза. Перспективы дальнейших исследований должны отвечать общемировому тренду научных исследований, направленных на разработку концептуальных основ влияния гидротермических условий на агрофизические свойства почвы с учётом их влияния на биопродуктивность агрофитоценозов как теоретического основания решения проблемы повышения стабильности земледелия, в частности при использовании только природного фона плодородия органик-ориентированной модели развития аграрного сектора экономики.

Ключевые слова: корреляция, гидротермические условия, плотность сложения почвы, урожайность, севооборот, чистая прибыль, органическая продукция.

S.I. Kudria

Effects of hydrothermal conditions on agrophysical properties of typical chernozem and crop rotation productivity in the system of organic farming

Abstract. Optimization of the water-air regime of the soil by conducting various types of land reclamation allows to significantly eliminate the negative effects of adverse weather conditions and ensure high sustainability of agroecosystems. However, with regard to the requirements for organic farming in the regions with a shortage of water supply without sufficient water resources and without the use of fertilizers to effectively conduct agricultural production is problematic. Thus, the establishment of the patterns of dynamics of agrophysical soil properties, taking into account their impact on the bioproductivity of agrophytocenoses under variable weather conditions is the theoretical basis for solving the problem of increasing agricultural

sustainability, in particular when using only natural fertility and organic crop production. Based on the information obtained in the course of a stationary agrotechnical experiment it was established that the soil density varies over the years and depends on the hydrothermal conditions with the approximation certainty of 0.75. The inverse relationship between the density of soil structure and its water conductivity in terms of crop rotations with $R^2 = 0,8-0,9$, by years with $R^2 = 0,6$ was revealed. The coefficient of variation of legumes yield was 30–33%, winter wheat – 33–37%, spring barley – 36–37%, which are the indicators of its low sustainability over the years. Crop yields, depending on the weather conditions of the year, also fluctuated significantly: peas in the range of 0,8–3,2, lathyrus – 0,8–2,6, winter wheat – 0,6–6,8, buckwheat – 0,6–1,9, spring barley – 0,6–3,5 t/ha. Crop rotation with peas in terms of productivity (average 2.4 t/ha of grain) outperformed the others while maintaining the patterns of fluctuations of this indicator in relation to hydrothermal conditions. Having the average sales price, the yield per 1 hectare of crop rotation area of all studied crop rotations was almost the same with fluctuations in the unfavorable years of 27–35 c. u./ha, in favorable ones – 97–104 c. u./ha, with the average value of 66–73 c. u./ha. If we assume that the selling price of organic products will be 25% higher than usual, the average annual yield will triple. Prospects for further research should correspond to the global trend of scientific research aimed at developing conceptual bases for the effects of hydrothermal conditions on the agrophysical properties of soil, taking into account their impact on bioproductivity of agrophytocenoses as a theoretical basis for solving the problem of increasing agricultural sustainability, in particular, using only the natural fertility of the organic-oriented model of developing the agricultural sector of the economy.

Key words: correlation, hydrothermal conditions, soil density, yield, crop rotation, net profit, organic products.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-249>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/249>

УДК 332.77.24

ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ В УКРАЇНІ

А.В. Люсак¹, канд. техн. наук, К.М. Ніколайчук², канд. техн. наук

¹ Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-6934-6291>; e-mail: a.v.lyusak@nuwm.edu.ua;

² Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-0901-7322>; e-mail: k.m.nikolaichuk@nuwm.edu.ua

Анотація. Проведено науково-теоретичний аналіз законодавства у сфері моніторингу використання та охорони земель. Визначено проблему недосконалості відомостей про кількісний та якісний стан земельних ресурсів. Розглянуто чинне Положення про моніторинг земель та запропоновано передбачити розширення видів аналітичних робіт і перейти на європейські стандарти якості. Згідно з чинним законодавством України, основною задачею моніторингу є спостереження за динамікою процесів, що відбуваються у сфері землеустрою. Оновлені дані моніторингу дозволяють органам державного управління висувати відповідні вимоги до землекористувачів щодо усунення правопорушень у галузі використання і охорони земель. Розглянуто Концепції Державної цільової програми розвитку земельних відносин в Україні та Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища. Документами передбачено удосконалення процедури моніторингу земель шляхом максимального використання існуючого потенціалу та поетапного удосконалення забезпечення системи моніторингу. Удосконалення процедури моніторингу земель в Україні передбачає необхідність розроблення та запровадження комплексу механізмів узгодження взаємодії усіх суб'єктів проведення моніторингу із застосуванням єдиної системи методів і технологій під час планування, організації та проведення спостережень. Це сприятиме оперативному реагуванню місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування на виникнення надзвичайних ситуацій та належному контролю за ліквідацією наслідків. До основних напрямків розвитку системи моніторингу земель пропонуємо віднести: вдосконалення організаційно-правового забезпечення моніторингу; створення єдиної системи моніторингу; оптимізацію методики проведення моніторингу земель, визначення та розробку стандартів і нормативів; посилення координації діяльності суб'єктів моніторингу та управління даними в рамках функціонування державної системи моніторингу земель в Україні; участь у міжнародних моніторингових дослідженнях щодо стану земель та входження національної системи моніторингу земель до складу міжнародних систем.

Ключові слова: моніторинг земель, геоінформаційні технології, Земельний кодекс України, ефективність землекористування, антропогенне навантаження, рівні моніторингу земель, землі сільськогосподарського призначення, мережа моніторингу, моніторинг ґрунтів.

Актуальність дослідження. Недосконалість відомостей про стан земельних ресурсів, їх кількість та якість, раціональне використання є першочерговою проблемою сфери інформаційного забезпечення землекористування та охорони земель в Україні.

На сьогодні одним з основних джерел та важливим інструментом інформаційного забезпечення землекористування, охорони земель та управління земельними ресурсами є отримання оперативних, актуальних та науково обґрунтованих даних про кількісний та якісний стан земель та зміни, що в них відбуваються. Система моніторингу земель та ґрунтів передбачає здійснення комплексу технічних та інформаційно-аналітичних заходів контролю за станом земель із метою своєчасного вияв-

лення тих або інших змін, їх оцінки, а також запобігання та усунення наслідків негативних процесів у даній сфері. Ця система є одним із найдієвіших заходів контролю за дотриманням законодавства в сфері земельних відносин, а також забезпеченням раціонального використання земельних ресурсів та збереження їх якісного стану.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями моніторингу земель в Україні займаються багато науковців. Проте, як правило, ці питання розглядаються в контексті моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення. Цій темі присвячені праці В. Медведєва, В. Патики, О. Тараріко, С. Рижука, Д. Бенцаровського, Т. Лактіонової, С. Булігіна, С. Балюка,

О. Канаша та інших. Питанням економічного та правового регулювання моніторингу земель присвячені наукові доробки таких вчених, як Н. Малишева, М. Єрофєєв, Д. Бусуйок, С. Шарапова, Т. Оверковська, А. Мартин та інших дослідників. Варто відзначити, що системні дослідження недосконалість системи моніторингу земель в Україні практично не здійснювалися, а пропозиції щодо удосконалення організаційних механізмів його проведення переважно зводяться лише до обґрунтування необхідності додаткових коштів на реалізацію. Р. Панас та М. Маланчук визначили, що моніторинг земель і ґрунтового покриву набув в Україні більшої актуальності, що значною мірою зумовлено негативними змінами властивостей ґрунтів [17, с. 203]. Ю. Петлюк довів, що існуюча система збору інформації про стан земель ні за обсягом, ні за змістом не відповідає сучасним вимогам і задачам державного управління земельними ресурсами [18, с. 247]. А. Дорош обґрунтував, що виконання на високому рівні управлінських функцій держави з моніторингу використання і охорони земель залежить від об'єктивної інформації, яку можна отримати при проведенні інвентаризації земель [19, с. 24]. Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених розвитку системи моніторингу земель, ця проблема вимагає подальшого дослідження.

Слід відмітити, що практичне здійснення заходів із моніторингу земель протягом останніх років практично не відбувалося. Спеціалісти пов'язують це як із відсутністю цільового бюджетного фінансування, так і з принципово помилковою системою організації моніторингу, адже функції з його здійснення наразі покладені переважно на різні центральні органи виконавчої влади, а не на спеціалізовану дослідницьку установу.

Мета дослідження. Моніторинг ґрунтового покриву – це один із найбільш дієвих засобів систематичного одержання та поновлення інформації про ґрунти у просторі та часі, за результатами якого можна зберегти їх родючість, а отже і раціонально використовувати та виконувати заходи щодо їх охорони. Інформація про стан та використання земель необхідна також для інформаційного забезпечення ринку земель, а також для цілей державного земельного кадастру.

Однією з проблем системи моніторингу земель є той факт, що інформація про стан земель та поширення окремих видів деградаційних процесів в Україні збирається різними суб'єктами моніторингу із використанням

різних методологій. Тому вкрай проблематично їх співставляти для просторового визначення частки деградованих земель країни.

Матеріали та методи дослідження. У даній статті проводиться аналіз законодавчої та нормативно-правової бази з питань моніторингу використання та охорони земель та ґрунтів, а саме Положення про моніторинг земель, Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища та Концепції Державної цільової програми розвитку земельних відносин в Україні на період до 2020 р., розглянуто теоретико-методологічні аспекти розвитку моніторингу в системі управління земельними ресурсами.

Результати дослідження і їх обговорення. Діюче Положення про моніторинг земель передбачає здійснення систематичних спостережень за станом земель для виявлення в ньому змін таких параметрів:

- стану використання земельних ділянок;
- процесів, пов'язаних зі змінами родючості ґрунтів (розвиток водної і вітрової ерозії, втрата гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення і засолення), заростання сільськогосподарських угідь, забруднення земель пестицидами, важкими металами, радіонуклідами та іншими токсичними речовинами;
- стану берегових ліній річок, морів, озер, заток, водосховищ, лиманів, гідротехнічних споруд;
- процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, сільовими потоками, землетрусами, карстовими, кріогенними та іншими явищами;
- стану земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазодобувними об'єктами, очисними спорудами, гноєсховищами, складами паливно-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту, захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів, а також іншими промисловими об'єктами.

Саме тому у сфері моніторингу ґрунтів доцільно було б передбачити формування постійної фіксованої мережі спостережень, істотне розширення видів аналітичних робіт, перехід на європейські стандарти у відборі, транспортуванні, збереженні зразків ґрунтів та виконанні всіх видів робіт з обов'язковим контролем якості. Також варто було б передбачити охоплення спостереженнями всіх категорій земель, формування бази даних та геоінформаційної системи, формування нового типу горизонтальних і вертикальних зв'язків між замовниками і виробниками інформації із чітко визначеними механізмами,

правами і взаємними зобов'язаннями, істотно поліпшення наукового супроводу моніторингу ґрунтів [15].

Чинне законодавство України визначає моніторинг як складову частину державної системи моніторингу довкілля, яка є системою спостереження за станом земельного фонду з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів [1, ч. 1, 3 ст. 191]. Основна задача моніторингу полягає у спостереженні за динамікою процесів, що відбуваються у сфері землеустрою, з метою виявлення причин і джерел негативних змін, прийняття науково обґрунтованих рішень по вдосконаленню законодавства, внесенню необхідних коректив у правовий режим використання земель і порядок землекористування щодо забезпечення законності у сфері земельних відносин. Дані моніторингу застосовуються для винесення рішень про можливе розміщення того чи іншого об'єкта, визначення дозволених видів землекористування [2, с. 165–166].

Основною функцією моніторингу земель є саме дослідження та контроль поточного стану і оцінка перспектив розвитку несприятливих процесів для інформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень, спрямованих на оптимізацію використання земель [3, с. 150]. Отже, організація дієвої системи моніторингу є першочерговим завданням для контрольно-наглядової діяльності органів державної влади у сфері земельних відносин. Зібрані шляхом моніторингу матеріали досліджень стають правовими підставами для прийняття необхідних рішень компетентними органами стосовно використання і охорони земель. Вони дають можливість органам державного управління висувати відповідні вимоги до землекористувачів щодо усунення правопорушень у галузі використання і охорони земель, а також притягнення до відповідальності осіб, винних у цих порушеннях [4, с. 294–295]. Забезпечення ефективного функціонування єдиної системи моніторингу є достатньо складним завданням, яке потребує вирішення цілого комплексу організаційних, технічних та інших задач.

Основними недоліками функціонування сучасної системи моніторингу земель є:

- відсутність єдиної мережі спостережень;
- застаріле технічне та методичне забезпечення спостережень;
- відсутність сучасного технічного та інформаційного оснащення центрів системи моніторингу в більшості регіонів;

– неузгодженість окремих елементів інформаційних технологій, що використовуються різними суб'єктами системи моніторингу;

– неповна відповідність нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення системи моніторингу сучасним вимогам тощо. [5, п. 1].

Аналіз можливих шляхів розв'язання зазначених проблем дає підстави зробити висновок, що їх подолання можливе, насамперед, на основі створення нової мережі спостережень, проте вирішення такого завдання потребує занадто великого обсягу коштів для фінансування. Тож, відповідно до положень Концепції Державної цільової програми розвитку земельних відносин в Україні на період до 2020 р. [6] та Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища [5], удосконалення процедури моніторингу земель пов'язується наразі з максимальним використанням існуючого потенціалу шляхом поетапного удосконалення організаційного, правового, методичного і технічного забезпечення системи моніторингу з урахуванням сучасних інформаційних потреб та рекомендацій Європейської економічної комісії ООН [5, п. 3].

Перш за все, потребує удосконалення організаційно-правове забезпечення ведення моніторингу земель, адже сучасні проблеми здійснення моніторингу земель в Україні пов'язані, насамперед, з його організацією. Необхідно забезпечити проведення всебічного і систематичного обліку й оцінки земель з метою інвентаризації, захисту та поліпшення якості стану земель [8, с. 434]. При цьому слід визначити: основною задачею яких адміністративно-територіальних органів виконавчої влади є проведення тих або інших заходів моніторингу, які державні служби відповідають за реалізацію його напрямків та передають відповідну інформацію, встановити їх права, обов'язки і відповідальність [8, с. 434]. Крім цього, необхідно удосконалити нормативно-правову базу проведення моніторингу земель, що є необхідною умовою ефективною протидії порушенням земельного законодавства та недотриманню норм раціонального землекористування [9, с. 7].

Необхідно також удосконалити порядок проведення моніторингу земель, закріпленого в чинному законодавстві, та підготовку нових законодавчих та інших нормативно-правових актів із питань контролю у сфері земельних відносин, зокрема щодо:

- чіткого визначення мети та завдань моніторингу, методів його проведення;

- встановлення і нормативного закріплення основних стадій і етапів процедури моніторингу земель;
- чіткого закріплення повноважень суб'єктів реалізації даної процедури;
- визначення основних критеріїв та нормативів для оцінки стану земельних ресурсів і виявлення кризових ситуацій;
- розробки та відповідного законодавчого закріплення процедури участі України в міжнародних моніторингових дослідженнях щодо стану земель тощо.

Завдання забезпечення дієвого контролю з боку держави за раціональним використанням земель вимагає створення єдиної цілісної загальнодержавної системи моніторингу всіх категорій земель, що, на думку багатьох дослідників, дасть можливість провадити не лише внутрішній моніторинг для потреб відповідних міністерств та відомств, а й загальний моніторинг навколишнього природного середовища в межах території України [10, с. 85; 11, с. 14].

Концепція Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища, зокрема, передбачає, що підвищення ефективності використання та зміцнення існуючого потенціалу служб спостережень суб'єктів системи моніторингу мають ґрунтуватися на основі задіяння нормативно-правових, економічних, фінансових, науково-експертних, інформаційно-освітніх та інших засобів. Також слід звернути особливу увагу на впровадження сучасних інформаційних технологій, застосування засобів вимірювальної техніки, уніфікованих методик вимірювання, оптимізації показників спостережень і створення на їх основі єдиної мережі спостережень [5, п. 3].

Удосконалення процедури здійснення моніторингу земель передбачає оптимізацію методики його проведення. Наразі в Україні не існує єдиної методики проведення спостережень, що зумовлено відсутністю моніторингових мереж, а також сучасної інформаційної системи про стан природних ресурсів, зокрема – земельних. Вимогам моніторингу відповідає наразі лише агрохімічне обстеження земель сільськогосподарського призначення, здійснюване мережею регіональних центрів, за результатами якого проводиться паспортизація земельних ділянок із видачею агрохімічних паспортів [12, с. 127]. Проте, по суті, агрохімічне обстеження не є моніторингом: паспортизація не дає повного уявлення про стан земель, вона проводиться не на постійних ділянках і за дуже обмеженим переліком показників, та орієнтована лише на

оцінку окремих характеристик (поживного режиму ґрунту, реакції ґрунтового розчину та деяких забруднювачів тощо), не визначаючи інші численні фізичні, хімічні та біологічні показники [13]. Дані моніторингових систем дають змогу постійно коригувати як кількісні норми та нормативи, так і перелік видів забруднень, що підлягають контролю. Достовірна і повна інформація щодо змін, які відбуваються в якісному стані земель, необхідна для оцінки ефективності програм та окремих заходів щодо охорони земель, а також коштів, що виділяються на зазначені цілі [12, с. 127]. Відповідно до чинного законодавства, система моніторингу земель удосконалюється шляхом визначення та розробки стандартів і нормативів у галузі використання та охорони земель, у тому числі охорони та відтворення родючості ґрунтів [14]. Удосконалення методики досліджень з метою забезпечення повноти та точності моніторингової інформації шляхом розробки стандартів і нормативів має бути спрямовано на входження національної системи моніторингу земель до складу міжнародних систем моніторингу. Цей процес вимагає відповідного узгодження, гармонізації національних стандартів щодо проведення моніторингу стану земель з вимогами ЄС, розробки правових механізмів співробітництва національних систем із міжнародними системами моніторингу. У Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища відзначається, що удосконалення системи моніторингу має на меті якнайповніше задоволення інформаційних потреб суспільства. А це передбачає розроблення спеціальних програм для отримання інформації, пов'язаної з надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру, транскордонним моніторингом тощо. З метою забезпечення збору, збереження, оброблення та аналізу даних і підготовки необхідної інформації повинні створюватись центри на загальнодержавному і регіональному рівні, а також на рівні суб'єктів системи моніторингу, які здійснюватимуть розроблення програм та координацію їх виконання [5, п. 4].

Завдання забезпечення інтеграції інформаційних ресурсів та взаємодії суб'єктів системи моніторингу потребує також створення єдиної автоматизованої підсистеми збору, обробки, аналізу і зберігання даних. Для збереження даних моніторингу та подальшої роботи з ними мають бути створені розподілені бази даних і комплексні банки інформаційних ресурсів [5, п. 4]. Успішне вирішення зазначених завдань передбачає також вдосконалення необхідних технічних засобів та відповідного

програмного забезпечення проведення моніторингу земель, що надасть можливість органам державної влади та місцевого самоврядування, громадським і міжнародним організаціям своєчасно отримувати обґрунтовану, об'єктивну і достовірну інформацію про стан навколишнього природного середовища [5, п. 6].

Стратегією державної екологічної політики України на період до 2020 р. одним з інструментів зміцнення системи моніторингу навколишнього природного середовища, складовою якої є система моніторингу стану земель, визначено посилення координації діяльності суб'єктів моніторингу та управління даними в рамках функціонування державної системи моніторингу навколишнього природного середовища як основи для прийняття управлінських рішень [7, п. 4]. Тож удосконалення процедури моніторингу земель в Україні передбачає необхідність розроблення і впровадження комплексу механізмів для узгодження взаємодії та координації усіх суб'єктів проведення моніторингу із застосуванням єдиної системи методів і технологій під час планування, організації та проведення спостережень і спільних заходів, що сприятиме оперативному реагуванню місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування на виникнення або загрозу виникнення надзвичайних ситуацій та належному контролю за їх розвитком і ліквідацією наслідків [5, п. 6].

Вдосконалення контрольно-наглядової діяльності у сфері земельних відносин в Україні наразі потребує чіткого визначення та відповідного нормативного закріплення процедури моніторингу земель.

До основних напрямків розвитку системи моніторингу земель можемо віднести:

– вдосконалення організаційно-правового забезпечення моніторингу;

– створення єдиної цілісної системи моніторингу;

– оптимізацію методики проведення моніторингу земель, визначення та розробку стандартів та нормативів у галузі використання та охорони земель;

– забезпечення інтеграції інформаційних ресурсів;

– посилення координації діяльності суб'єктів моніторингу та управління даними в рамках функціонування державної системи моніторингу земель в Україні;

– участь у міжнародних моніторингових дослідженнях щодо стану земель та гармонізацію національних стандартів із міжнародними з метою входження національної системи моніторингу земель до складу міжнародних систем

Висновки. Створення ефективної мережі моніторингу в Україні – це необхідна умова для успішного землекористування. Удосконалення мережі спостережень на моніторингових ділянках на землях сільськогосподарського призначення дозволить розробляти для органів виконавчої влади і органів самоврядування науково-обґрунтовані пропозиції для прийняття необхідних управлінських рішень. Матеріали моніторингу земель мають стати основою для оперативного здійснення заходів державного, самоврядного та громадського контролю (нагляду) за використанням та охороною земель, в т.ч. правопорушень, що пов'язані з використанням земель не за цільовим призначенням, зняттям родючого шару ґрунту без спеціального дозволу, самовільним відхиленням від документації із землеустрою, незаконним будівництвом, видобутком корисних копалин, лісо та водокористуванням тощо.

Бібліографія

1. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 р., № 2768-III // Відомості Верховної Ради України. 2002. № 3–4. Ст. 27.
2. Дамдын О.С. Понятие, задачи и виды мониторинга земель. Молодой ученый // 2012. № 1. Т. 2. С. 165–166.
3. Горбатюк В.М., Клименко К.В. Організаційно-технологічні особливості здійснення моніторингу земель на регіональному рівні/Геодезія, картографія і аерофотознімання. Львів. 2007. Вип. 69. С. 150–156.
4. Шеремет А.П. Земельне право України : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] 2-ге вид. перероб. та допов. Київ : ЦУЛ, 2009. 632 с.
5. Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 31.12.2004 р., № 992-р. Офіційний вісник України. 2005. № 1. Ст. 40.
6. Про схвалення Концепції Державної цільової програми розвитку земельних відносин в Україні на період до 2020 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.06.2009 р., № 743-р. Офіційний вісник України. 2009. № 51. Ст. 1760.

7. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року : Закон України : від 21.12.2010 р., № 2818-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 26. Ст. 218.
8. Примак І.Д., Манько Ю.П., Рідей Н.М., Мазур В.А., Горшар В.І., Конопльов О.В., Паламарчук С.П., Примак О.І. Екологічні проблеми землеробства / за ред. І.Д. Примака. – Київ : ЦУЛ, 2010. 456 с.
9. Добряк Д.С., Мартин А.Г. Напрями удосконалення нормативно-правової бази регулювання земельних відносин // Землеустрій і кадастр. Київ, 2009. № 4. С. 5–10.
10. Бусуйок Д.В. Правове регулювання управлінських і сервісних відносин у сфері використання та охорони земель – актуальні напрями удосконалення правового регулювання земельних відносин. Вісник НАН України. Київ, 2014. № 4. С. 84–88.
11. Шарій Г.І. Державне регулювання земельних відносин в Україні : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 12.00.02 Запоріжжя, 2010. 20 с.
12. Оверковська Т.К. Моніторинг земель України : правові аспекти // Юридичний вісник. 2015. № 1(15). С. 125–128.
13. Петриченко В., Балюк С., Медведєв В. Моніторинг земель як рятівний круг // Урядовий кур'єр. 2014. 12 квітня. № 68. С. 8.
14. Про затвердження Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2007 р., № 1158 // Офіційний вісник України. 2007. № 73. Ст. 2715.
15. Пахомов В.В. Моніторинг земель як важливий інструмент удосконалення системи контрольної-наглядової діяльності в Україні. Правові горизонти. 2018. Вип. 12(25). С. 16–21.
16. Положення про моніторинг земель : Постанова Кабінету Міністрів України від 21.08.19 р., № 760 // Офіційний вісник України. 2019. № 69. Ст. 2397.
17. Маланчук М., Панас Р. Сучасні проблеми здійснення моніторингу ґрунтового покриття в Україні // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Львів, 2013. Вип. 78. С. 201–204.
18. Петлюк Ю.С. Правові аспекти здійснення моніторингу земель в Україні // Вісник Академії адвокатури України. Київ, 2011. Вип. 2(21). С. 246–247.
19. Дорош О.С. Інвентаризація земель: методичні підходи до її проведення // Агросвіт. Київ, 2015. Вип. 11. С. 24–30.

References

1. Zemelny kodeks Ukrainy [The Land Code of Ukraine]. (2001, October 25). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. Kyiv: Parlam. vyd-vo. [in Ukrainian]
2. Damdun, O.S. (2012). Poniatie zadachi i vidu monitoringa zemel [Concept, tasks and types of land monitoring]. Kazan: Molodoj ychonuj, 165–166. [in Russian]
3. Gorbatijuk, V.M., & Klumenko, K.V. (2007). Organizacijno-tekhnologichni osoblivosti zdijcnennia monitorungy zemel na regionalnomy rivni [Organizational and technological features of land monitoring at the regional level]. Geodezia, kartografija i aerofotoznmannia, 69, 150–156. [in Ukrainian]
4. Sheremet, A.P. Zemelne pravo Ukrainy. (2009). [Land law of Ukraine]. (2nd ed.). Kyiv: CUL. [in Ukrainian]
5. Rozporyadzennia Kabinetu Ukrainy «Pro skhvalennia Koncepicii Derzavnoi program provedennia monitorungy navkolushniogo seredovuscha» [About approval of the Concept of the State program of carrying out monitoring of the natural environment]: pryiniatie 31 gryd. 2004 roku № 992-r. (2004, December 31). Oficijnij visnuk Ukrainy, № 1, 40. [in Ukrainian]
6. Rozporyadzennia Kabinetu Ukrainy «Pro skhvalennia Koncepicii Derzavnoi programu rozvutku zemelnukh vidnocun v Ukraini na period do 2020 roku» [About approval of the Concept of the State program of carrying out monitoring of the natural environment]: pryiniatie 17 chervn. 2009 roku № 743-r. (2009, June 17). Oficijnij visnuk Ukrainy, № 51, 1760. [in Ukrainian]
7. Zakon Ukrainy «Pro osnovni zasadu (strategiju) derzavnoi ekologichnoi polituku Ukrainy na period do 2020 roku» [About the Main ambushes (strategy) of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2020]: pryiniatie 21 gryd. 2010 roku № 2818-VI. (2010, December 21). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. Kyiv: Parlam. vyd-vo. [in Ukrainian]
8. Prumak, I.D., Manko, Yu.P., Ridej, N.M., Mazur, V.A., Gorshchar, V.I., Konopliov, O.V., Palamarchuk, S.P., & Prumak, O.I. (2010). Ekologichni problem zemlerobstva [Environmental problems of agriculture]. I.D. Prumak (Ed.). Kyiv. [in Ukrainian]

9. Dobriak, D.S., & Martun, A.G. (2009) Napriamu ydoskonalennia normativno-pravovoj bazu reguluvannia zemelnukh vidnocun [Directions for improvement of the regulatory framework for land relations] Zemleystrij I kadastr, 4, 5–10. [in Ukrainian]
10. Bysyjok, D.V. (2014). Pravove regylyvannia upravlinckukh I servisnukh vidnosun y sferi vukorustannia ta okhoronu zemel [Legal regulation of management and service relations in the field of land use and protection – current areas of improvement of legal regulation of land relations]. Kyiv: Visnuk NAN Ukrainu, 84–88. [in Ukrainian]
11. Sharij, G.I. (2010). Derzavne regylyvannia zemelnukh vidnosun v Ukraini [State regulation of land relations in Ukraine]. Extended abstract of candidate's thesis. Zaporazzia. [in Ukrainian]
12. Overkovcka, T.K. (2015). Monitorung zemel Ukrainu: pravovi aspektu [Monitoring of lands of Ukraine: legal aspects]. Odesa: Yuruduchnij visnuk, 125–128. [in Ukrainian]
13. Petruchenko V., Balijuk S., & Koba S.A. (2014). Monitorung zemel jak riativnij kryg [Land monitoring as a lifeline]. Uriadovuj kurjer, 68, 8. [in Ukrainian]
14. Postanova Kabinetu Ukrainy «Pro zatverdzennia Derzavnoi cilovoji program rozvutky ukrajnckogo cela na period do 2015 roku» [About the consolidated State Central Program for the development of the Ukrainian village for the period until 2015]: pryiniate 19 veres. 2007 roku № 1158. (2007, September 19). Oficijnij visnuk Ukrainy, №73, 2715. [in Ukrainian]
15. Pakhomov, V.V. (2018). Monitorung zemel jak vazluj instrument ydoskonalennia systemu kontrolno-nagliadovoj dijalnosti v Ukraini [Land monitoring, as an important tool for improvement of the system of control and supervision in Ukraine]. Symu: Pravovi Gorizontu, 16–21. [in Ukrainian]
16. Postanova Kabinetu Ukrainy «Polozennia pro monitoring zemel» [Regulations on land monitoring]: pryiniate 21 serp. 2019 roku № 760. (2019, August 21). Oficijnij visnuk Ukrainy, № 69, 2397. [in Ukrainian]
17. Malanchyk, M., & Panas, P. (2013). Sychasni problemu zdijcnennia monitorungy gryntovogo pokruvy v Ukraini [Modern problems of soil monitoring in Ukraine]. Geodezia, kartografia I aerofotoznimannia, 78, 201–204. [in Ukrainian]
18. Petiiyk, Yu.S. (2011). Pravovi aspektu zdijsnennia monitorungy zemel v Ukraini [Legal aspects of land monitoring in Ukraine]. Kyiv: Visnuk Akademii advokatyru Ukrainu, 2(21), 246–247. [in Ukrainian]
19. Dorosh, O.S. (2015). Inventaruzacia zemel: metoduchni pidkholdu do jj provedennia [Land inventory: methodological approaches to its implementation]. Kyiv: Agrosvit, 11, 24–30. [in Ukrainian]

А.В. Люсак, Е.Н. Николайчук

Проблемы и направления совершенствования системы мониторинга земель в Украине

***Аннотация.** Проведён научно-теоретический анализ законодательства в сфере мониторинга использования и охраны земель. Определена проблема несовершенства сведений о количественном и качественном состоянии земельных ресурсов. Рассмотрено действующее Положение о мониторинге земель и предложено предусмотреть расширение видов аналитических работ и перейти на европейские стандарты качества. Согласно действующему законодательству Украины, основной задачей мониторинга является наблюдение за динамикой процессов, происходящих в сфере землеустройства. Обновленные данные мониторинга позволяют органам государственного управления выдвигать соответствующие требования к землепользователям по устранению правонарушений в области использования и охраны земель. Рассмотрены Концепции Государственной целевой программы развития земельных отношений в Украине и Государственной программы проведения мониторинга окружающей природной среды. Документами предусмотрено усовершенствование процедуры мониторинга земель путем максимального использования существующего потенциала и поэтапного совершенствования обеспечения системы мониторинга. Совершенствование процедуры мониторинга земель в Украине предусматривает необходимость разработки и внедрения комплекса механизмов согласования взаимодействия всех субъектов проведения мониторинга с применением единой системы методов и технологий при планировании, организации и проведении наблюдений. Это будет способствовать оперативному реагированию местных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления на возникновение чрезвычайных ситуаций и надлежащему контролю за ликвидацией последствий. К основным направлениям развития системы мониторинга земель предлагаем отнести: совершенствование организационно-правового обеспечения мониторинга; создание единой системы мониторинга; оптимизацию методики проведения мониторинга земель, определение и разработка стандартов и нормативов; усиление координации деятельности субъектов мониторинга и управления данными в рамках функционирования государственной системы мониторинга земель в Украине; участие в международных*

мониторинговых исследованиях о состоянии земель и вхождения национальной системы мониторинга земель в состав международных систем.

Ключевые слова: мониторинг земель, геоинформационные технологии, Земельный кодекс Украины, эффективность землепользования, антропогенная нагрузка, уровни мониторинга земель, земли сельскохозяйственного назначения, сеть мониторинга, мониторинг почв.

A.V. Lyusak, K.M. Nikolaichuk

Problems and areas to improve a land monitoring system in Ukraine

Abstract. A scientific and theoretical analysis of the legislation in the field of monitoring for land use and protection has been carried out. The problem of information imperfection as to the quantitative and qualitative state of land resources was specified. The current Regulation on land monitoring was considered and it was proposed to provide for the expansion of the types of analytical work and adopt European quality standards. According to the current legislation of Ukraine, the main task of monitoring is to monitor the dynamics of the processes occurring in the field of land management. The updated monitoring data allow government bodies to put forward appropriate requirements for land users to eliminate violations in land use and protection. The Concepts of the State Target Program for the development of land relations in Ukraine and the State program for monitoring the natural environment were considered. The documents provide for the improvement of land monitoring by maximum using of the existing potential and the step-by-step improvement of the monitoring system. Improvement of the land monitoring in Ukraine provides for the need of developing and implementing the mechanisms of coordinating the interaction of all monitoring entities using a single system of methods and technologies in planning, organizing and conducting observations. This will facilitate the prompt response of local executive authorities and local governments to emergencies and proper control over the elimination of consequences. The main areas of developing the land monitoring system should be: improving the organizational and legal support of monitoring; creation of a unified monitoring system; optimization of methods for conducting land monitoring, determination and development of standards and norms; strengthening the coordination of the monitoring entities' activities and data management within the framework of the state land monitoring system in Ukraine; participation in the international monitoring studies on land condition and integration of the national land monitoring system into the international systems.

Key words: land monitoring, geo-information technology, Land Code of Ukraine, efficiency of land use, anthropogenic load, land monitoring levels, agricultural land, monitoring network, soil monitoring.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-261>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/261>

УДК 631.62:631.432:633.2

ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ВИРОЩУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ГУМІДНОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Г.В. Воропай¹, канд. техн. наук, Н.Б. Молеца², канд. техн. наук, Н.В. Мозоль³, М.Г. Стецюк⁴,
М.Д. Зосимчук⁵, канд. с.-г. наук

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, 03022, м.Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-5004-0727>, e-mail: voropaig@ukr.net;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, 03022, м.Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-3207-2573>, e-mail: sdp_2010@ukr.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, 03022, м.Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-7495-4702>, e-mail: moznaz@ukr.net;

⁴ Сарненська дослідна станція ІВПіМ НААН, 34501, м. Сарни, Рівненська обл., Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-6773-2546>, e-mail: nick.stetsiuk@gmail.com;

⁵ Сарненська дослідна станція ІВПіМ НААН, 34501, м. Сарни, Рівненська обл., Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-7162-8300>, e-mail: zosimchykm@gmail.com

Анотація. Висвітлено результати досліджень із визначення основних технологічних параметрів вирощування високопродуктивних кормових культур (пайзи, амаранту та кормових бобів) на осушуваних землях. Встановлено, що при їх вирощуванні необхідно дотримуватись оптимальних строків сівби з врахуванням напрямку використання (зелена маса, зерно): при занадто ранніх строках сівби відбувається зниження польової схожості насіння та збільшення тривалості періоду сходів, зрідження посівів та інтенсивне поширення бур'янів, збільшується ймовірність пошкодження посівів весняними заморозками; при пізніх строках сівби, особливо для дрібнонасінних культур (амарант), можливе пересихання верхнього шару ґрунту, що є недопустимим на період проростання і появи сходів. Найбільш сприятливі умови для формування наземної маси при вирощуванні на осушуваних торфових ґрунтах складаються при посіві 15 травня (формується на 8,1–16,7% більше зеленої маси та на 2,1–9,6% сухої речовини). Визначено основні технологічні параметри вирощування пайзи, амаранту та кормових бобів, в т.ч. за фазами розвитку та з врахуванням критичних періодів їх оптимального вологозабезпечення, агротехнічні заходи і оптимальні норми удобрення. Встановлено норми вологості ґрунту: на торфових ґрунтах оптимальна – 65–75%, найменша допустима у літній період – 55–60%; на мінеральних відповідно – 65–80% та 55–60% від ПВ. Встановлено, що сучасні зміни клімату в Західному Поліссі України (нерівномірній розподіл опадів впродовж вегетаційного періоду, аномальні стрибки середньодобової температури повітря та низькі нічні температури повітря (<10°C) в літні місяці) мають негативний вплив на вирощування теплолюбивих культур (пайза). В умовах змін клімату для проведення зволожувальних заходів на меліорованих землях необхідно передбачати накопичення достатніх об'ємів води в акумулюючих ємкостях або водосховищах для подачі її на зволоження вирощуваних культур у посушливі періоди вегетації та забезпечення оптимальних параметрів водорегулювання.

Ключові слова: гумідна зона, зміни клімату, меліоративна система, осушені землі, кормові культури, рівень ґрунтових вод, вологість ґрунту, водорегулювання, технологічні параметри вирощування.

Актуальність. Перспективною галуззю сільськогосподарського виробництва в гумідній зоні є тваринництво, сталий розвиток якого неможливий без надійної кормової бази, створення якої є одним із важливих завдань при його відновленні. Вагомим резервом зміцнення кормової бази в сучасних умовах є вирощування малопоширених, однак високопродуктивних кормових культур, які можуть поповнити сировинні джерела для заготівлі кормів та здатні перевищувати традиційні кормові культури за продуктив-

ністю, вмістом поживних речовин та стійкістю до змін кліматичних умов [1]. Водночас важлива роль у виборі видів високопродуктивних кормових культур для вирощування на осушуваних землях належить культурам, які мають різноманітні напрями використання та значний адаптивний і продуктивний потенціал при вирощуванні в агрокліматичних умовах гумідної зони [2].

Важливе місце серед малопоширених високопродуктивних кормових культур займають пайза, амарант і кормові боби,

зацікавленість до яких виникла наприкінці 80-х років ХХ століття, але тільки з метою пошуку білкових кормів. Широкого впровадження на осушуваних землях до цього часу ці культури не набули [2; 3].

Водночас, максимально ефективно використання в польовому кормовиробництві видового асортименту культур за рахунок їх високопродуктивних видів та отримання сталих урожаїв сільськогосподарської продукції можливе завдяки дотриманню науково обґрунтованих технологічних процесів меліорації земель у поєднанні з комплексом агротехнічних заходів при їх вирощуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз досліджень щодо вирощування пайзи в різних географічних зонах України свідчить про перспективність її вирощування, в т.ч. і в умовах Західного Полісся України [4; 5]. Науковці вивчали оптимальні прийоми та розробляли елементи технології вирощування пайзи (з врахуванням ґрунтово-кліматичних умов, ефективності застосування добрив), досліджували продуктивність пайзи в чистому посіві та сумішках залежно від удобрення. Результати досліджень свідчать, що при вирощуванні пайзи на осушуваних землях необхідне вивчення ефективних способів сівби [4–7].

Встановлено, що амарант є культурою, яка на осушуваних торфових ґрунтах майже не вивчена; вивчалася доцільність вирощування амаранту в кормових сівоzmінах; особливості водоспоживання та норми поливу цієї культури досліджували тільки для зернового амаранту в умовах південного Степу України. Недостатньо вивченими є питання впливу строків та способів сівби, норми висіву, рівня мінерального живлення на ріст та розвиток пайзи, формування врожаю та якості зерна, умов зволоження [8–11].

Останні дослідження і публікації свідчать про те, що особливості формування врожайності і якості зерна кормових бобів залежно від технологічних прийомів вирощування вивчали в умовах центрального Лісостепу України; в умовах правобережного Лісостепу України розроблено удосконалені елементи технологій вирощування бобів кормових на зерно (спосіб сівби, густина рослин та дози мінеральних добрив); проводили дослідження з розроблення окремих елементів технологій вирощування кормових бобів також на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся України та Білоруського Полісся [1; 12–14].

Наукові результати свідчать про перспективність вирощування пайзи, амаранту та кормових бобів на зелений корм і силос на забруднених

радіонуклідами осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся України [2].

Метою досліджень є розроблення основних технологічних параметрів вирощування високопродуктивних кормових культур (пайзи, амаранту та кормових бобів) на осушуваних землях гумідної зони України.

Методика досліджень. Методика проведення досліджень включає проведення метеорологічних спостережень, динаміки рівня ґрунтових вод (РГВ) та вологості в кореновому шарі ґрунту, фенологічні спостереження за розвитком рослин, визначення урожайності та норм удобрення, вмісту радіонуклідів в ґрунті та рослинницькій продукції.

Заміри рівнів ґрунтових вод (РГВ) проводили за пентадами мірною стрічкою. Для визначення вологості термостатно-ваговим методом на дослідних ділянках кожен декаду відбирали проби ґрунту з горизонтів 0–10, 10–20, 20–30, 30–40 та 40–50 см (згідно з ДСТУ ISO 11272–2001). Зразки ґрунту зважували на електронній лабораторній вазі MW-II та висушували при температурі 105 °С у сушильній шафі 2Б151.

Вміст радіонуклідів в ґрунті та рослинницькій продукції визначали методом гамма-спектрометрії.

Дослідження проводили впродовж 2016–2019 рр. на меліоративних системах Сарненської дослідної станції (СДС) ІВПіМ НААН (торфоболотний масив «Чемерне», Рівненська обл.) та «Ромен» (Сумська обл.). Ці об'єкти з урахуванням природно-кліматичних умов та конструктивно-технологічних особливостей меліоративних систем є репрезентативними для території гумідної зони України. Регулювання водного режиму на меліоративних системах обох об'єктів проводили шляхом відкриття мережі відкритих каналів.

Результати досліджень. Метеорологічні параметри (атмосферні опади, температура повітря) отримано за результатами спостережень по метеорологічних постах Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН (Рівненська обл.) та по метеорологічному посту об'єкта «Ромен» і Роменської метеостанції (Сумська обл.).

Згідно з методикою досліджень проведено метеорологічні спостереження з визначення атмосферних опадів та температури повітря на меліоративній системі СДС (торфоболотний масив «Чемерне»), результати яких наведено в таблицях 1 та 2.

Характеризуючи вегетаційний період (травень–вересень) 2016 р., слід відмітити, що у цей період кількість опадів становила 175,6 мм (забезпеченість опадами 93%),

1. Атмосферні опади та їх відхилення від середніх багаторічних показників, вегетаційний період 2016–2019 рр., меліоративна система СДС ІВПіМ НААН, торфоболотний масив «Чемерне», Рівненська обл.

Показники	Місяць						Сума за IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Середня багаторічна норма, мм	45,0	59,0	94,0	81,0	63,0	58,0	400,0
Опади в 2016 році, мм	31,0	32,8	13,5	64,5	25,5	8,3	175,6
Відхилення опадів від норми, мм	-14,0	-26,2	-80,5	-16,5	-37,5	-49,7	-224,4
Опади в 2017 році, мм	19,1	40,4	39,2	53,9	22,4	52,0	227,0
Відхилення опадів від норми, мм	-25,9	-18,6	-54,8	-27,4	-40,6	-6,0	-173,0
Опади в 2018 році, мм	11,7	37,9	35,8	54,2	98,0	17,4	255,0
Відхилення опадів від норми, мм	-33,3	-21,1	-58,2	-26,8	+35,0	-40,6	-145,0
Опади в 2019 році, мм	36,1	125,8	26,9	88,5	35,6	4,3	317,2
Відхилення опадів від норми, мм	-8,9	+66,8	-67,1	+7,5	-27,4	-53,7	-82,8

2. Середня місячна температура повітря та її відхилення від середніх багаторічних показників, вегетаційний період 2016–2019 рр., СДС ІВПіМ НААН, торфоболотний масив «Чемерне», Рівненська обл.

Показники	Місяць						Середнє за IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Середня багаторічна норма, °C	8,0	14,1	17,0	18,2	17,4	13,1	14,6
Середня місячна температура в 2016 р, °C	9,2	14,9	19,5	20,7	18,8	13,8	16,2
Відхилення від норми, °C	+1,2	+0,8	+2,5	+2,5	+1,4	+0,7	+1,7
Середня місячна температура в 2017 р, °C	7,8	13,9	18,6	19,2	19,9	13,4	15,5
Відхилення від норми, °C	-0,2	-0,2	+1,6	+1,0	+2,5	+0,3	+0,9
Середня місячна температура в 2018 р, °C	12,7	17,6	18,8	19,9	19,3	14,7	17,1
Відхилення від норми, °C	+4,7	+3,5	+1,8	+1,7	+1,9	+1,6	+2,5
Середня місячна температура в 2019 р, °C	8,8	14,3	22,2	18,4	18,6	12,7	15,8
Відхилення від норми, °C	+0,8	+0,2	+5,2	+0,2	+1,2	-0,4	+1,2

що на 224,4 мм (43,9%) менше від багаторічної норми, а середня місячна температура повітря – 16,2°C і на 1,7°C перевищувала багаторічний показник. Всі місяці вегетації характеризуються дещо меншою кількістю опадів порівняно із середньою місячною нормою.

У вегетаційний період 2017 р. кількість опадів становила 227,0 мм (забезпеченість опадами 93%), що на 173 мм менше багаторічної норми. Особливо посушливими були червень та серпень, коли кількість опадів становила відповідно 55 та 41% від норми. Середня місячна температура була дещо вищою (на 0,9°C) порівняно з середньою багаторічною нормою.

У 2018 р. кількість опадів за вегетаційний період становила 255,0 мм (забезпеченість опадами 90%), що на 145 мм менше багаторічної норми. Показники середньої місячної температури за вегетаційний період перевищували середню багаторічну норму на 2,5°C.

За вегетаційний період 2019 р. випало 317,2 мм опадів (забезпеченість опадами 73%), що на 82,8 мм менше багаторічної

норми. Характерним є вкрай нерівномірний розподіл опадів: у травні їх кількість становила 125,8 мм, що відповідає майже двом місячним нормам, а у червні, серпні та вересні – менше від норми відповідно на 70, 55 та 90%. Червень був найспекотнішим за всю історію спостережень по метеорологічному посту Сарненської дослідної станції. Липень відмічався тривалим періодом (з 3.07 по 20.07) з аномально низькими для цього місяця мінімальними нічними температурами (<10°C), що уповільнювало активну вегетацію кормових культур. У серпні також переважала кількість днів із мінімальними нічними температурами, нижчими 10°C.

Результати метеорологічних спостережень із визначення атмосферних опадів та температури повітря на території меліоративної системи «Ромен» наведено в таблицях 3 та 4.

За вегетаційний період 2016 р. випало 409,8 мм опадів (забезпеченість опадами 15%), що на 87,5 мм більше багаторічної норми. За місяцями вегетаційного періоду опади розподілені нерівномірно, а перевищення їх

3. Атмосферні опади та їх відхилення від середніх багаторічних показників, вегетаційний період 2016–2019 рр., меліоративна система «Ромен»

Показники	Місяць						Сума за IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Середня багаторічна норма, мм	34,3	49,0	62,4	75,4	52,7	48,5	322,3
Опади в 2016 році, мм	52,4	145,4	84,1	77,5	46,1	4,3	409,8
Відхилення опадів від норми, мм	+18,1	+96,4	+21,7	+2,1	-6,6	-44,2	+87,5
Опади в 2017 році, мм	27,2	20,2	56,4	72,8	6,9	26,2	209,6
Відхилення опадів від норми, мм	-7,1	-28,8	-6,0	-2,6	-45,8	-22,3	-112,6
Опади в 2018 році, мм	11,2	28,1	123,1	78,9	7,0	56,8	305,1
Відхилення опадів від норми, мм	-23,1	-20,9	+60,7	+3,5	-45,7	+8,3	-17,2
Опади в 2019 році, мм	33,7	72,1	26,6	36,9	17,2	33,4	219,9
Відхилення опадів від норми, мм	-0,6	+23,1	-35,8	-38,5	-35,5	-15,1	-102,4

4. Середня місячна температура повітря та її відхилення від середніх багаторічних показників, вегетаційний період 2016–2019 рр., меліоративна система «Ромен»

Показники	Місяці						Середня за IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Середня багаторічна норма, °C	8,9	15,4	19,1	20,9	19,9	13,8	16,3
Середня місячна температура в 2016 р, °C	10,4	13,3	18,6	20,8	18,8	12,5	15,7
Відхилення від норми, °C	+1,5	-2,1	-0,5	-0,1	-1,1	-1,3	-0,6
Середня місячна температура в 2017 р, °C	7,8	11,0	16,4	19,4	20,4	13,6	14,7
Відхилення від норми, °C	-1,1	-4,4	-2,7	-1,5	+0,5	-0,2	-1,6
Середня місячна температура в 2018 р, °C	8,8	16,4	17,9	19,3	20,2	16,1	16,5
Відхилення від норми, °C	-0,1	+1,0	-1,2	-1,6	+0,3	+2,3	+0,2
Середня місячна температура в 2019 р, °C	8,8	14,6	20,4	17,4	17,5	13,0	15,3
Відхилення від норми, °C	-0,1	-0,8	+1,3	-3,5	-2,4	-0,8	-1,0

норми припадає на початок вегетації. Середня місячна температура повітря була близькою до середніх багаторічних показників, а середня температура за період вегетації – дещо меншою від багаторічної норми (на 0,6 °C).

За вегетаційний період 2017 р. випало 209,7 мм опадів (забезпеченість опадами 93%), що на 112,6 мм менше середнього багаторічного значення. В усі місяці вегетаційного періоду (окрім серпня) кількість опадів була меншою від багаторічної норми. Середня температура повітря за вегетаційний період була нижчою на 1,4 °C порівняно з багаторічним показником. Слід відмітити, що у травні було шість днів, коли температурні показники сягали мінусових значень (від -1 до -5 °C), а останній заморозок на поверхні ґрунту зафіксовано 22 травня.

За вегетаційний період 2018 р. випало 305,1 мм опадів (забезпеченість опадами 55%), що на 17,2 мм менше середньобагаторічного значення. Середня місячна температура з квітня по серпень відповідала середнім багаторічним показникам, а у серпні та вересні була дещо нижчою за середні багаторічні значення. Загалом за період вегетації

середня температура повітря була нижчою на 1,4 °C порівняно з багаторічним показником.

За вегетаційний період 2019 р. випало 219,9 мм опадів (забезпеченість опадами 87%), що на 102,4 мм менше багаторічної норми. Кількість опадів була меншою від норми в усі місяці вегетаційного періоду, окрім травня (більше на 23,1 мм). Середні місячні показники температури були нижчими від норми в усі місяці, окрім червня (вище на 1,3 °C). За вегетаційний період середня місячна температура повітря була нижчою на 1,0 °C багаторічного значення.

Згідно з методикою проведено дослідження щодо встановлення оптимальних строків сівби, які забезпечують найвищий рівень реалізації продуктивності пайзи, амаранту та кормових бобів (рис. 1).

Результати досліджень свідчать, що на швидкість проростання насіння цих культур впливають атмосферні опади, вологість та температура посівного шару ґрунту. Так, при сівбі 15 квітня та температурі в шарі ґрунту 0–10 см 12,4 °C, фаза «сівба-сходи» у амаранту триває 18, пайзи – 15, кормових бобів – 16 днів. При проведенні посіву 30 квітня та 15 травня



Рис. 1. Загальний вигляд дослідних ділянок і з вирощування: а) пайзи, б) амаранту, в) кормових бобів

при температурі ґрунту в межах 14,1–19,9 °С сходи амаранту з’являються на 10–12, пайзи – на 8–9, кормових бобів – на 9–10 добу (табл. 5).

Для набубнявлення і проростання насіння важливе значення має вологість посівного шару ґрунту, яку забезпечують опади кількістю 30–40 мм [7]. Поглинальна здатність насіння амаранту та пайзи коливається в межах 174–260% [15]. Результати польових досліджень свідчать про тісний зв’язок між польовою схожістю та строками сівби (табл. 6).

За показником польової схожості, який становив 62,4%, перевагу має пізній строк сівби при температурі ґрунту 19,9 °С. За умови коливання температури ґрунту в шарі 0–10 см у межах 12,4–14,1 °С, що спостерігалось в період 15–30 квітня, польова схожість була нижчою і складала 30,7–46,9%.

Для росту амаранту та кормових бобів важливим є період «сходи–поява першої пари справжніх листків», на який припадає інтен-

сивний ріст кореневої системи, а ріст наземної маси є низьким, що сприяє заростанню посівів бур’янами. Вплив бур’янів є найсуттєвішим у перші 30–40 діб після появи сходів. Встановлено, що заростання посівів амаранту зменшується при більш пізніх строках посіву: при сівбі 15 квітня їх кількість складала 782, а 15 травня – зменшилась до 151 шт./м².

При вирощуванні кормових бобів при більш пізніх строках сівби скорочується тривалість фази «сходи-цвітіння»: при сівбі 15 квітня – 70 діб; 15 травня – 67 діб. А тривалість вегетаційного періоду зменшується відповідно з 98 до 94 діб. При цьому, при сівбі 15 квітня у фазу «цвітіння» висота рослин становить 69, 30 квітня – 88 та 15 травня – 93 см. Загалом у період «сходи-бутонізація» строки висіву мають найбільший вплив на середньодобовий приріст висоти кормових бобів (табл. 7).

Для формування високого врожаю зеленої маси високопродуктивних кормових культур

5. Вплив агрокліматичних показників на тривалість фази «сівба-сходи» при вирощуванні пайзи, амаранту та кормових бобів

Строк сівби	Агрокліматичні показники в період від сівби до сходів			Тривалість фази «сівба-сходи» (середня для пайзи, амаранту та кормових бобів), діб
	середня добова температура повітря, °С	температура в шарі ґрунту 0–10 см, °С	кількість опадів, мм	
15 квітня	11,3	12,4	8,2	18
30 квітня	12,1	14,1	18,6	12
15 травня	18,5	19,9	21,0	10

6. Середня густина стояння пайзи та амаранту залежно від строку сівби (шт./м²)

Строк сівби	Кількість рослин		Польова схожість, %	Коефіцієнт виживання рослин
	при сходях	при збиранні		
15 квітня	46	37	30,7	0,80
30 квітня	70	54	46,9	0,77
15 травня	94	74	62,4	0,79

7. Вплив строків сівби на лінійні показники росту кормових бобів

Строк сівби	Фаза розвитку					
	бутонізація		цвітіння		повна стиглість	
	висота, см	приріст, см/добу	висота, см	приріст, см/добу	висота, см	приріст, см/добу
15 квітня	31	0,7	69	1,5	71	0,1
30 квітня	48	1,1	87	1,6	90	0,1
15 травня	53	1,3	93	1,6	95	0,1

визначальним є створення посівів з оптимальною площею листків, здатних тривалий час бути в активному стані.

Визначено вплив строків сівби пайзи, амаранту та кормових бобів на формування наземної маси та встановлено, що найбільш сприятливі умови для її формування складаються при висіванні 15 травня. На рівні всіх фаз розвитку формується на 8,1–16,7% більше зеленої маси та на 2,1–9,6% сухої речовини. Найбільше накопичення вегетативної маси (3,3 кг) відмічається у фазу цвітіння, а сухої речовини (680 г/м²) – в період молочно-воскової стиглості (табл. 8).

Для проведення досліджень із визначення оптимальних параметрів водорегулювання на меліоративній системі Сарненської дослідної станції проведено підготовчі роботи з очищення та поглиблення мережі відкритих каналів до проектних показників, виконано поточні ремонти гідротехнічних споруд та здійснено низку робіт по відновленню працездатності дренажу. Проведено вапнування з розрахунку 5 т/га СаСО₃ для нейтралізації підвищеної кислотності ґрунту. Внесені розрахункові норми мінеральних добрив. На об'єкті меліоративної системи «Ромен» проведено профілактичні роботи на русловому шлюзі на р. Ромен, культуртехнічні роботи та обкошування каналів, плановий ремонт гідроспоруд.

Дослідження динаміки РГВ впродовж вегетаційного періоду 2016 р. на меліоративній системі СДС свідчить про те, що упродовж вегетаційного періоду РГВ знаходився в межах 55–98 см від поверхні ґрунту.

У період другої половини вегетації РГВ знаходився на позначці нижньої межі розрахункового діапазону. Вологість ґрунту була близькою до розрахункової, що забезпечило достатні вологозапаси для розвитку пайзи, амаранту та кормових бобів. Визначено, що досліджувані культури добре витримують посушливі періоди.

Результати досліджень динаміки РГВ на меліоративній системі СДС у 2017 р. свідчать, що впродовж вегетаційного періоду РГВ знаходився в межах 51–83 см від поверхні ґрунту, що також сприяло формуванню режиму вологості ґрунту в розрахункових межах. Однак, на меліоративній системі «Ромен» з технічних причин неможливо було забезпечити необхідні РГВ та вологість ґрунту (показники виходили за межі розрахункового діапазону).

РГВ протягом вегетаційного періоду 2018 р. на осушуваних землях торфоболотного масиву «Чемерне» знаходився в межах 35–76 см від поверхні ґрунту. Вологість в орному (0–30 см) шарі ґрунту при вирощуванні пайзи знаходилась в межах 54,0–73,4%; кормових бобів 61,3–80,0%; амаранту 64,2–75,3% від ПВ. Загалом вологість ґрунту протягом вегетації сприяла формуванню достатньо високого в рожаю вегетативної маси пайзи, амаранту та кормових бобів.

На меліоративній системі «Ромен» у вегетаційний період 2018 р. РГВ знаходився весною в межах 78–95 см, улітку – 105–115 см від поверхні ґрунту. В кінці вегетаційного періоду оптимальна вологість у кореновому шарі ґрунту була забезпечена за рахунок акумуляції вологи від атмосферних опадів.

8. Вплив строків сівби на накопичення наземної маси (середнє для пайзи, амаранту та кормових бобів)

Строк сівби	Фаза розвитку					
	бутонізація		цвітіння		повна стиглість	
	висота, см	приріст, г/м ² на добу	висота, см	приріст, г/м ² на добу	висота, см	приріст, г/м ² на добу
15 квітня	1,1	177	2,8	605	1,8	654
30 квітня	1,3	198	3,1	649	1,9	668
15 травня	1,4	205	3,3	660	2,0	680

В умовах вегетаційного періоду 2019 р. на меліорованих землях торфоболотного масиву «Чемерне» фактичний РГВ знаходився в межах: у квітні – 34–95, травні – 38–78, червні – 63–96, липні – 95–110, серпні – 86–120, вересні – 116–124 см від поверхні ґрунту. Нерівномірний розподіл опадів впродовж вегетаційного періоду впливав на формування РГВ. Однак, завдяки проведенню підготовчих робіт із відновлення мережі відкритих каналів та працездатності дренажу на меліорованих землях було забезпечено оперативне відведення надлишку вологи впродовж вегетаційного періоду, що загалом дозволило підтримувати РГВ та вологість ґрунту у допустимих межах. Одночасно вологість в активному шарі ґрунту (0–50 см) при вирощуванні пайзи знаходилася в межах 65,5–76,1; амаранту – 66,9–77,4; кормових бобів – 67,3–73,2% від ПВ, що відповідає діапазону вологості 65–75% від ПВ для вирощуваних культур.

В умовах вегетаційного періоду 2019 р. на меліоративній системі «Ромен» РГВ знаходився в середньому: у квітні – 60, травні – 88, червні – 134, липні, серпні – 190, вересні – 200 см від поверхні ґрунту. У весняний період було забезпечено проходження сільсько-

господарської техніки, передпосівний обробіток ґрунту та проведення посіву культур, але в подальшому рекомендовані РГВ не були витримані. Необхідність у проведенні зволожувальних заходів припадає на період із липня по вересень, однак можливості наявних водних джерел (акумуляюча ємкість, Карабутівське водосховище), які розташовані в зоні меліорованих земель системи «Ромен», не були використані через їхнє недостатнє наповнення водними ресурсами.

За результатами досліджень встановлено, що впродовж вегетаційного періоду вимоги пайзи, амаранту та кормових бобів до вологості в кореновому шарі ґрунту змінюються залежно від їх біологічних потреб та поточних метеорологічних умов. Критичними періодами щодо перезволоження є весняні повені та літньо-осінні паводки, які є характерними для гумідної зони. У весняний період необхідною вимогою є своєчасне зниження РГВ до норми, яка забезпечує проходження сільськогосподарської техніки, передпосівний обробіток ґрунту та посів сільськогосподарських культур.

При вирощуванні пайзи, амаранту та кормових бобів визначено допустимі терміни, у які меліоративна система має забезпечити відведення надлишкових вод (табл. 9).

9. Строки відведення надлишкових вод при вирощуванні пайзи, амаранту та кормових бобів, діб

Кормові культури	З поверхні ґрунту	З шару ґрунту 0–0,25 м	З шару ґрунту 0–0,50 м
кормові боби, амарант	0,5–1	1–2	2–3
пайза	1–2	2–4	5–6

10. Основні технологічні параметри вирощування пайзи

Фаза вегетації		Сходи-кущення	Вихід у трубку	Викидання волоті	Цвітіння	Достигання насіння
Тривалість від початку вегетації (фази)		7	52(45)	80(28)	98(18)	131(33)
Періоди оптимального вологозабезпечення		2 дек. червня – 3 дек. липня				
Рекомендований РГВ, см (у чисельнику оптимальний; у знаменнику – найменший допустимий в літній період)	торфові ґрунти	0,60–0,65 0,65–0,70	0,60–0,75 0,75–0,85	0,60–0,75 0,75–0,85	0,75–0,85 0,90–0,95	0,75–0,90 0,9–1,0
	мінеральні ґрунти	0,60–0,70 0,70–0,75	0,65–0,75 0,80–0,85	0,65–0,75 0,80–0,85	0,80–0,90 0,90–1,0	0,85–0,90 1,0–1,1
Оптимальна вологість, % від ПВ	торфові ґрунти	оптимальна – 70–75 найменша допустима у літній період – 60				
	мінеральні ґрунти	оптимальна – 65–80 найменша допустима у літній період – 60				
Норма удобрення		на осушуваних торфових ґрунтах – $P_{60}K_{120}$, на осушуваних мінеральних ґрунтах – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (одноразово під основний обробіток)				
Агротехнічні заходи		міжрядний обробіток	міжрядний обробіток			

Встановлено також рекомендовані РГВ та норми вологості в кореновому шарі ґрунту у вегетаційний період при вирощуванні пайзи, амаранту та кормових бобів.

Основні технологічні параметри вирощування пайзи, амаранту та кормових бобів, в т.ч. за фазами розвитку зазначених культур та з врахуванням критичних періодів їх опти-

мального вологозабезпечення, оптимальні режими зволоження (осушення), агротехнічні заходи та оптимальні норми удобрення для торфових та мінеральних ґрунтів наведено у табл. 10–12.

Результати досліджень урожайності вегетативної маси пайзи, амаранту та кормових бобів залежно від удобрення на меліорованих

11. Основні технологічні параметри вирощування амаранту

Фаза вегетації		Сходи – поява справжнього листка	Викидання волоті	Цвітіння	Достигання насіння
Тривалість від початку вегетації (фази)		11	52(41)	61(9)	110(49)
Періоди оптимального вологозабезпечення		3 дек. червня – 3 дек. липня			
Рекомендований РГВ, см (у чисельнику – оптимальний; у знаменнику – найменший допустимий в літній період)	торфові ґрунти	<u>0,60–0,65</u> <u>0,65–0,75</u>	<u>0,60–0,70</u> <u>0,70–0,80</u>	<u>0,65–0,80</u> <u>0,80–0,90</u>	<u>0,80–1,0</u> <u>1,0–1,1</u>
	мінеральні ґрунти	<u>0,60–0,70</u> <u>0,70–0,75</u>	<u>0,65–0,75</u> <u>0,75–0,80</u>	<u>0,70–0,85</u> <u>0,90–1,0</u>	<u>0,85–1,0</u> <u>1,0–1,1</u>
Оптимальна вологість, % від ПВ	торфові ґрунти	оптимальна – 65–75 найменша допустима у літній період – 55			
	мінеральні ґрунти	оптимальна – 65–75 найменша допустима у літній період – 55			
Норма удобрення		на осушуваних торфових ґрунтах – $P_{60}K_{120}$, на осушуваних мінеральних ґрунтах – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (одноразово під основний обробіток)			
Агротехнічні заходи		міжрядний обробіток	міжрядний обробіток		

12. Основні технологічні параметри вирощування кормових бобів

Фаза вегетації		Сходи – поява справжнього листка	Бутонізація	Цвітіння	Утворення бобів	Достигання насіння
Тривалість від початку вегетації (фази)		10	39(29)	48(9)	76(28)	107(31)
Періоди оптимального вологозабезпечення		3 дек. квітня – 2 дек. травня	2 дек. червня – 2 дек. липня			
Рекомендований РГВ, см (у чисельнику – оптимальний; у знаменнику – найменший допустимий в літній період)	торфові ґрунти	<u>0,55–0,65</u> <u>0,70–0,75</u>	<u>0,60–0,65</u> <u>0,70–0,75</u>	<u>0,65–0,80</u> <u>0,80–0,90</u>	<u>0,75–0,90</u> <u>0,90–1,0</u>	<u>0,90–1,0</u> <u>1,1–1,2</u>
	мінеральні ґрунти	<u>0,60–0,70</u> <u>0,70–0,75</u>	<u>0,60–0,70</u> <u>0,70–0,75</u>	<u>0,65–0,75</u> <u>0,80–0,90</u>	<u>0,80–0,90</u> <u>0,90–1,0</u>	<u>1,0–1,1</u> <u>1,1–1,2</u>
Оптимальна вологість, % від ПВ	торфові ґрунти	оптимальна – 70–75 найменша допустима у літній період – 60				
	мінеральні ґрунти	оптимальна – 65–75 найменша допустима у літній період – 60				
Норма удобрення		на осушуваних торфових ґрунтах – $P_{60}K_{120}$, на осушуваних мінеральних ґрунтах – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (одноразово під основний обробіток)				
Агротехнічні заходи		міжрядний обробіток	міжрядний обробіток			

землях торфоболотного масиву «Чемерне» та «Ромен» наведено в табл. 13–14.

Дослідження показників урожайності вегетативної маси пайзи, амаранту та кормових бобів свідчать про те, що в 2019 р. на меліоративній системі СДС отримано найменшу урожайність порівняно з періодом 2016–2018 рр.

Найбільше зниження урожайності відмічалося у пайзи – в середньому за всіма варіантами удобрення на 38%, а у амаранту та кормових бобів – відповідно на 15 та 10%. Це пояснюється впливом метеорологічних умов 2019 р., які проявляються у нерівномірному розподілі опадів, стрибках середньомісячної температури (у червні та серпні її значення перевищили середню багаторічну норму на 5,2°C та 1,2°C відповідно) та аномально низьких нічних температурах (<10°C) у липні та серпні. За таких метеорологічних умов, але при забезпеченні оптимальних меліоративних режимів, урожайність пайзи, яка за біологічними особливостями є теплолюбною культурою, при всіх варіантах удобрення була найменшою порівняно з середньою у період 2016–2018 рр.

Оскільки дослідження виконували на радіоактивно забруднених землях (щільність забруднення радіонуклідом ^{137}Cs становить 48,5 кБк/м²) торфоболотного масиву

«Чемерне» СДС, то проведено також і спектрометричний аналіз проб рослинницької продукції на виявлення вмісту радіоцезію у вегетативній масі пайзи, амаранту та кормових бобів. Як показав проведений аналіз, вегетативна маса кормових бобів, пайзи та амаранту за роки досліджень відзначалась незначним вмістом радіонукліда ^{137}Cs . Найбільш забрудненою радіоцезієм виявилась вегетативна маса амаранту – 20–71 Бк/кг, а найменш забрудненою пайза – до 6 Бк/кг. Загалом культури відзначались незначним рівнем накопичення ^{137}Cs .

Отже, на осушуваних торфових ґрунтах при щільності забруднення радіонуклідом ^{137}Cs до 1 Кі/км² вегетативна маса вирощуваних кормових культур по забрудненості радіонуклідами була в межах допустимих рівнів, тому може використовуватися для згодовування тваринам без обмежень.

Висновки. Встановлено, що при вирощуванні пайзи, амаранту та кормових бобів на осушуваних землях необхідно дотримуватись строків сівби з врахуванням напрямку їх використання (зелена маса, зерно), оскільки при занадто ранніх строках сівби відбувається інтенсивне заростання посівів бур'янами та існує висока ймовірність пошкодження посівів весняними заморозками, а при пізніх – для дрібнонасічних культур, до яких

13. Урожайність кормових культур залежно від удобрення, 2016–2019 рр., меліоративна система СДС, торфоболотний масив «Чемерне»

Культура	Удобрення	Урожайність вегетативної маси, ц/га				
		2016	2017	2018	2019	середнє
кормові боби	P ₆₀ K ₉₀	287,5	383,6	414,7	330,7	354,1
	P ₆₀ K ₁₂₀	350,0	426,9	498,0	368,3	410,8
	N ₄₅ P ₆₀ K ₁₂₀	375,0	433,9	529,3	410,0	437,1
амарант	P ₆₀ K ₉₀	385,4	422,3	432,7	313,9	388,6
	P ₆₀ K ₁₂₀	420,8	464,5	477,3	417,5	445,0
	N ₄₅ P ₆₀ K ₁₂₀	435,4	484,9	618,0	442,8	495,3
пайза	P ₆₀ K ₉₀	475,0	511,7	502,0	297,8	446,6
	P ₆₀ K ₁₂₀	533,3	586,6	558,0	353,3	507,8
	N ₄₅ P ₆₀ K ₁₂₀	570,8	618,5	718,7	403,3	577,8

14. Урожайність кормових культур залежно від удобрення, 2017–2019 рр., меліоративна система «Ромен»

Культура	Удобрення	Урожайність вегетативної маси, ц/га			
		2017	2018	2019	середнє
кормові боби	без добрив	140,83	271,5	285,8	232,6
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	176,0	317,6	327,0	273,5
амарант	без добрив	305,4	413,6	340,0	353,0
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	350,0	475,0	392,0	405,6
пайза	без добрив	421,6	531,3	427,0	459,7
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	486,6	609,3	517,0	537,7

належить амарант, можливе пересихання верхнього шару ґрунту, що є недопустимим у фазу «проростання і поява сходів».

За результатами досліджень 2016–2019 рр. визначено основні технологічні параметри вирощування пайзи, амаранту та кормових бобів, в т.ч. за фазами розвитку зазначених культур та з врахуванням критичних періодів їх оптимального вологозабезпечення, агротехнічні заходи і оптимальні норми удобрення при їх вирощуванні на торфових та мінеральних ґрунтах. Встановлено допустимі терміни, у які меліоративна система має забезпечити відведення надлишкових вод та своєчасне зниження РГВ до рекомендованих показників.

Встановлено, що сучасні зміни клімату в гумідній зоні України (нерівномірній розподіл опадів впродовж вегетаційного періоду, аномальні стрибки середньомі-

сячної температури повітря та низькі нічні температури повітря (<10 °С) в літні місяці), впливають на вирощування теплолюбивих культур (пайза). В умовах змін клімату для проведення зволожувальних заходів на меліорованих землях необхідно передбачати накопичення потрібних об'ємів води в акумулюючих ємкостях або водосховищах для подачі її на зволоження вирощуваних культур у посушливі періоди вегетації та забезпечення оптимальних параметрів водорегулювання.

На радіоактивно забруднених меліорованих землях торфоболотного масиву «Чемерне» із щільністю забруднення радіонуклідом ¹³⁷Cs до 1 Кі/км² вегетативна маса пайзи, амаранту та кормових бобів по забрудненості радіонуклідами в роки досліджень була в межах допустимих рівнів, тому може використовуватися для згодовування тваринам без обмежень.

Бібліографія

1. Яцик М.В., Воропай Г.В., Кіка С.М. Досвід та перспективи вирощування високопродуктивних кормових культур (пайзи, амаранту та кормових бобів) на осушуваних землях в умовах змін клімату // Меліорація і водне господарство. 2017. Вип. 105. С. 61–66.
2. Зосимчук О.А., Зосимчук М.Д. Вирощування малопоширених і нетрадиційних кормових культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся // Вісник Львівського національного аграрного університету. 2009. № 13. С. 434–440.
3. Коваль С.І., Зосимчук О.А. Продуктивність ланок кормових сівозмін з малопоширених кормових культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся // Вісник Національного університету водного господарства і природокористування. 2014. № 65(1). С. 64–72.
4. Царик З.О. Результати селекції нових кормових культур в умовах Західного регіону України // Вісник аграрної науки. Спеціальний випуск. 2001. С. 93–95.
5. Царик З.О., Гриневич В.О. Деякі елементи сортової технології вирощування новорайонованого сорту пайзи Надія в умовах Західного Лісостепу України // Корми і кормовиробництво. 2004. № 53. С. 27–31.
6. Зосимчук О.А. Кормова та насіннева продуктивність пайзи на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся // Інтенсифікація технологій – шлях до підвищення ефективності землеробства: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Рівне. 2012. С. 48–51.
7. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / Львів: НВФ «Українські технології». 2001. 800 с.
8. Войташенко Д.П. Технологія вирощування амаранту зернового напрямку в умовах Півдня України // Матеріали міжнародної науково-методичної конференції «Географічні інформаційні системи в аграрних університетах». Херсон: Айлант. 2006. С.17.
9. Гусев М.Г., Войташенко Д.П. Продуктивність амаранту зернового напрямку залежно від способу сівби та норми висіву // Зрошуване землеробство. Херсон: Айлант. 2006. Вип. 46. С. 109–112.
10. Выращивание амаранта: вопросы и ответы. Пропозиція. URL: <https://propozitsiya.com/vyrashchivaniya-amaranta-voprosy-i-otvety> (дата звернення: 10.08.2020 р.).
11. Onyango S.M., Imungi J.K., Mose L.O., Harbinson J., Olaf Van Koteen. Feasibility of commercial production of amaranth leaf vegetable by small scale farmers in Kenya // African Crop Science Conference Proceedings. – 2009. – Vol. 9. – P. 767–772.
12. Осадець Я., Вівчарик В. Кормові боби – цінна кормова культура // Пропозиція. 2002. № 11. С. 45–47.
13. Бабій С.І. Адаптивна здатність сортозразків бобів кормових та їх екологічні параметри в умовах правобережного лісостепу // Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2011. № 70. С. 24–29.
14. Оничко В.І. Вплив сортових особливостей та агротехнічних заходів на врожайність зерна кормових бобів в умовах північно-східного лісостепу України // Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2010. № 67. С. 51–58.
15. Кияк Г.С. Рослинництво. Київ: Урожай. 1986. 334 с.

References

1. Yatsyk, M.B., Voropai, H.V., & Kika, S.M. (2017). Dosvid ta perspektyvy vyroshhuvannia vysokoproduktyvnykh kormovykh kultur (paisy, amarantu ta kormovykh bobiv) na osushuvanykh zemliakh v umovakh zmin klymatu [Experiences and prospects for growing high-yield fodder crops (barnyard, amaranth and fodder beans) on drained lands under climate change]. *Visnyk ahrararnoyi nauky*, 105, 61–66. [in Ukrainian]
2. Sosymchuk, O.A., & Sosymchuk, M.D. (2009). Vyroshhuvannia maloposhyrenykh I netradyt-siinykh kormovykh kultur na osushuvanykh torfovykh gruntakh Zakhidnoho Polissia [The growing in current use not and unconventional fogger crops on the drained peat soils of Western Polesye]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho agrarnoho universytetu*, 13, 434–440. [in Ukrainian]
3. Koval, S.I., & Zosymchuk, O.A. (2014). Produktivnist lanok kormovykh sivozmin z maloposhyrenykh kormovykh kultur na osushuvanykh torfovykh gruntakh Zakhidnoho Polissia [The productivity of links of forage crop rotations is from incurrent use not fogger crops on the drained peat soils of Western Polesye]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva i pryrodokorystuvannia*, 65(1), 64–72. [in Ukrainian]
4. Tsaryk, Z.O. (2001). Rezultaty selektsiyi novykh kormovykh kultur v umovakh Zahidnoho region [Results of selection of new fodder crops in the conditions of the Western region of Ukraine]. *Visnyk ahrararnoyi nauky. Spetsialnyi vypusk*, 93–95. [in Ukrainian]
5. Tsaryk, Z.O., & Grynevych, V.O. (2004). Deiaky element sortovoyi tekhnolohiyi vyroshhuvannia novoraonovanoho sortu paizy Nadiia v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Some elements of varietal technology of growing the newly zoned variety of paise Nadiya in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 53, 27–31. [in Ukrainian]
6. Sosymchuk, O.A. (2012). Kormova ta nasinneva produktyvnist paizy osushuvanykh torfovykh gruntakh Zakhidnoho Polissia [The feed and seed productivity of barnyard on the drained peat soils of Western Polesye]. *Intensyfikatsiia tekhnolohiyi – shliakh do pivyshhennia efektyvnosti zemlerobstva: materialy Vseukrayinskoyi naukovo-praktuchnoyi internet-konferentsiyi*. Rivne, 48–51. [in Ukrainian]
7. Lykhochvor, V.V. (2001). Roslynnystvo. Tekhnolohiyi vyroshhuvannia silskohospodarskykh kultur [Plant growing. Technologies for growing crops]. Lviv: NVF “Ukrayinsky tekhnolohiyi”. [in Ukrainian]
8. Voitashenko, D.P. (2006). Tekhnolohiia vyroshhuvannia amarantu zernovoho napriamku v umovakh Pivdnia Ukrainy [Technology of growing amaranth grain direction in the South of Ukraine]. *Materialy mizhnarodnoyi naukovo-metodychnoyi konferentsiyi “Geografichni informatsiini systemy v agrarnykh universytetakh”*. Kherson: Ailant. 45, 17. [in Ukrainian]
9. Husyev, M.G., & Voitashenko, D.P. (2006). Produktivnist amarantu zernovoho napriamku zalezho vid sposobu sivby ta normy vysivu [Productivity of amaranth grain direction depending on the method of sowing and sowing rate]. *Zroshuvane zemlerobstva*. Kherson: Ailant. 46, 109–112. [in Ukrainian]
10. Propozytsiia. (2020). Vyrashhivanie amaranta: voprosy i otvety [Growing amaranth: questions and answers.]. Retrieved from <https://propozitsiya.com/vyrashchivaniya-amaranta-voprosy-i-otvety>. [in Russian]
11. Onyango, C.M., Imungi, J.K., Mose, L.O., Harbinson, J., & Olaf Van Koteen. (2009). Feasibility of commercial production of amaranth leaf vegetable by small scale farmers in Kenya. *African Crop Science Conference Proceedings*, 9, 767–772. [on English]
12. Osadets, Ia., & Vivcharyk, V. (2002). Kormovi boby – tsinna kormova kultura [Fodder beans are a valuable fodder crop]. *Propozytsiia*, 11, 45–47. [in Ukrainian]
13. Babii, S.I. (2011). Adaptivna zdattist sortozrazkiv bobiv kormovykh ta yikh ekolohichni parametry v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Adaptive ability of fodder bean cultivars and their ecological parameters in the conditions of the Right-bank Forest-steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vinnytsia, 70, 24–29. [in Ukrainian]
14. Onychko, V.I. (2010). Vplyv sortovykh osoblyvostei ta agrotekhnichnykh zakhodiv na vrozhaunist zerna kormovykh bobiv v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of varietal features and agrotechnical measures on grain yield of fodder beans in the conditions of the north-eastern forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vinnytsia, 67, 51–58. [in Ukrainian]
15. Kyiak, G.S. (1986). Roslynnystvo [Plant growing]. K.: Urozhai. [in Ukrainian]

Г.В. Воропай, Н.Б. Молеца, Н.В. Мозоль, Н.Г. Стецюк, Н.Д. Зосимчук
Основные технологические параметры выращивания высокопродуктивных
кормовых культур на осушаемых землях гумидной зоны Украины

***Аннотация.** Представлены результаты исследований по определению основных технологических параметров выращивания высокопродуктивных кормовых культур (пайзы, амаранта и кормовых бобов) на осушаемых землях. Установлено, что при их выращивании необходимо придерживаться оптимальных сроков посева с учетом направления использования (зеленая масса, зерно): при чрезмерно ранних сроках посева происходит снижение полевой всхожести семян и увеличение длительности периода всходов, разрежение посевов и интенсивное распространение сорняков, увеличение вероятности повреждения посевов весенними заморозками; при поздних сроках посева, особенно для мелкосемянных культур (амарант), возможно пересыхание верхнего слоя почвы, что недопустимо в период прорастания и появления всходов. Наиболее благоприятные условия для формирования наземной массы при выращивании на осушаемых торфяниках создаются при посеве 15 мая (формируется на 8,1–16,7% больше зеленой массы и на 2,1–9,6% сухого вещества). Определены основные технологические параметры выращивания пайзы, амаранта и кормовых бобов, в т.ч. по фазам развития и с учетом критических периодов их оптимального влагообеспечения, агротехнические мероприятия и оптимальные нормы удобрений. Установлены нормы влажности почвы: на торфяных грунтах оптимальная – 65–75%, наименьшая допустимая в летний период – 55–60%; на минеральных соответственно 65–80% и 55–60% от ПВ. Установлено, что современные изменения климата в Западном Полесье Украины (неравномерное распределение осадков на протяжении вегетационного периода, аномальные прыжки среднесуточной температуры воздуха и низкие температуры воздуха в ночное время (<10 °C) в летние месяцы) отрицательно влияют на выращивание теплолюбивых культур (пайза). В условиях изменений климата для проведения увлажнительных мероприятий на мелиорируемых землях необходимо предусматривать накопление достаточных объемов воды в аккумулирующих емкостях или водохранилищах для подачи ее на увлажнение выращиваемых культур в засушливые периоды вегетации и обеспечения оптимальных параметров водорегулирования.*

***Ключевые слова:** гумидная зона, изменения климата, мелиоративная система, осушаемые земли, кормовые культуры, уровень грунтовых вод, влажность почвы, водорегулирование, технологические параметры выращивания.*

G.V. Voropay, N.B. Molescha, N.V. Mozol, M.G. Stetsiuk, M.D. Zosimchyk
The main technological parameters of growing highly productive fodder crops
on the drained lands of the humid zone of Ukraine

***Abstract.** The results of research on determining the main technological parameters of growing high-yielding forage crops (barnyard millet, amaranth and fodder beans) on drained lands are highlighted. It is established that during their cultivation it is necessary to adhere to optimal sowing dates taking into account the direction of use (green mass, grain): at too early sowing dates there is a decrease in field germination of seeds and increase in germination period, liquefaction of crops and intensive spread of weeds. crops with spring frosts; at late sowing dates, especially for small-seeded crops (amaranth), drying of the top layer of soil is possible, which is unacceptable for the period of germination and emergence of seedlings. The most favorable conditions for the formation of land mass when grown on drained peat soils are formed when sown on May 15 (formed by 8,1–16,7% more green mass and 2,1–9,6% dry matter). The main technological parameters of growing barnyard millet, amaranth and fodder beans are determined, incl. by phases of development and taking into account the critical periods of their optimal moisture supply, agronomic measures and optimal fertilizer rates. Soil moisture norms have been established: on peat soils the optimal one is 65–75%, the lowest permissible in the summer period is 55–60%; on minerals, respectively – 65–80% and 55–60% of PV. It is established that modern climate changes in the Western Polissya of Ukraine (uneven distribution of precipitation during the growing season, abnormal jumps of average daily air temperature and low night air temperatures (<10 °C) in summer months) have a negative impact on the cultivation of thermophilic crops (barnyard millet). In the context of climate change, it is necessary to provide for the accumulation of sufficient volumes of water in storage tanks or reservoirs to supply it for humidification of cultivated crops during dry growing seasons and to ensure optimal water regulation parameters.*

***Key words:** humid zone, climate change, reclamation system, drained lands, forage crops, groundwater level, soil moisture, water regulation, technological parameters of cultivation.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-248>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/248>

УДК 556.5; 551.5

ПРИЧИНИ ПОНИЖЕННЯ РІВНЯ ОЗЕРА СИНЄ ТА ЗАХОДИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

О.М. Козицький¹, гол. фахівець, С.А. Шевчук², канд. техн. наук,
І.А. Шевченко³, канд. техн. наук, Н.В. Логунова⁴, провідний інженер

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4459-6331>; e-mail: olegkoz@ukr.net;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-5844-4980>; e-mail: sergey_shevchuk_@ukr.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-7401-8786>; e-mail: irina.shevchenk.23@gmail.com;

⁴ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4207-4863>; e-mail: lagunova@ukr.net

Анотація. Згідно з даними експертів Всесвітньої метеорологічної організації середньорічна температура на планеті зросла на 1 °С порівняно з доіндустріальним періодом, що призвело до різкого збільшення випарування і, як наслідок, стало причиною зменшення річкового стоку на 9,3%. В Україні температура повітря змінюється значно швидше ніж загалом у світі. За останні роки вона зросла на 2 °С порівняно з кліматичною нормою, що стало причиною зміщення на північ агрокліматичних зон на відстань біля 200 км. У роботі наведено результати кількісної дискретної оцінки природних і техногенних чинників, що зумовили різке зниження рівнів озера Синє в останні роки. В результаті виконаних досліджень встановлено, що зменшення стоку річок та об'єму природних водойм насамперед є результатом інтенсивного підвищення температури повітря в останні десятиліття і обумовлено ним збільшення об'ємів випарування вологи з поверхні водойм і водозборів. Іншими важливими чинниками зменшення водності оз. Синє є зменшення кількості опадів та господарська діяльність, зокрема будівництво доріг, інтенсивна забудова території і відведення дренажного та поверхневого стоку за межі водозбору озера. Через відсутність снігового покриву у 2020 р весняна повінь на рівнинних річках України пройшла з витратами, що значно менші норми, зокрема стік р. Ірпінь, в межах водозбору якої знаходиться озеро, за період з 2011 р. зменшився в 1,46 рази порівняно з попереднім періодом 1958–2010 рр., а за останні 5 років він зменшився майже в 2 рази. Через незначні об'єми повеневого притоку не відбулося наповнення водосховищ і озер до нормативних рівнів, а в результаті зменшення кількості опадів і зростання випарування значно понизилися рівні ґрунтових вод, що в результаті зумовило зменшення ґрунтового притоку до водойм. За умови повторення кліматичного сценарію 2019 гідрологічного року рівні води оз. Синє можуть знизитися значно нижче історичних відміток і призвести до повної деградації озера. Покращення екологічного стану озера можливе завдяки збільшенню притоку поверхневих і ґрунтових вод шляхом перенаправлення до озера поверхневого та дренажного стоку з території природного водозбору озера, а також у результаті розчищення і днопоглиблення озера, що дозволить збільшити глибину при меженних відмітках та забезпечить розкриття закольматованих джерел підземного живлення.

Ключові слова: озеро, басейн, гідрологічний режим, рівні води, опади, випарування, природні умови, антропогенне навантаження.

Актуальність і постановка питання. Зменшення водності річок і водойм у результаті сучасних кліматичних змін є проблемою планетарного масштабу, що підтверджується численними дослідженнями вітчизняних і зарубіжних фахівців [1–3]. Аналіз багаторічних даних спостережень на метеостанціях України, а також матеріали нових кліматичних норм за період 1991–2020 рр., що розробляються в Центральній геофізичній обсерваторії імені Бориса Срезневського, свідчать про те, що за останні роки клімат в Україні змінюється

значно швидше ніж загалом у світі. Особливо аномальним був 2019 р., що став найтеплішим роком за всю історію метеоспостережень. Зі зміною середньорічної температури і кількості накопиченого тепла агрокліматичні зони України зазнали кардинальних змін, значно змістившись на північ [2]. Наслідки інтенсивного зростання температури повітря наочно простежуються на прикладі обміління природних водойм, у яких, на відміну від ставків та водосховищ, відсутня можливість регулювання стоку. Це, зокрема, стосується

київських водойм, багато з яких використовується в різноманітних сферах, зокрема для відпочинку. Крім того, водойми в місті збагачують ландшафт, поліпшують мікроклімат, є біотопом для коловодних видів рослин і тварин. Однією з таких водойм є оз. Синє, що знаходиться в Подільському районі м. Києва. З середини минулого століття озеро і територія навколо нього зазнають значного антропогенного навантаження, що негативно відобразилось на його гідрологічному режимі. Обміління озера стало причиною значного погіршення його екологічного стану, зокрема збільшення заростання, погіршення водно-фізичних властивостей і якості води, цвітіння, загибель мікроорганізмів та їхтїофауни. Озеро Синє та навколишня місцевість завжди були популярною зоною відпочинку, тому різке погіршення його екологічного стану викликали занепокоєння громадськості і широке обговорення проблеми з метою порятунку водойми. Розроблення комплексної системи заходів щодо покращення екології озера потребує ґрунтового дослідження основних чинників формування гідрологічного режиму водойми і їх дискретної оцінки.

Аналіз останніх досліджень. Зменшення стоку річок та обміління водойм стало характерним явищем для значної частини України [4]. Не оминули ці зміни й водні об'єкти Києва, зокрема озеро Синє. Це озеро, хоч і не належить до великих, але є дуже відомим. Озеро було об'єктом дослідження кількох наукових колективів та окремих авторів. Так, деякі результати досліджень оз. Синє знайшли відображення в наукових публікаціях [5; 6]. У роботі [5] зазначено, що площа озера становить 4,4 га, об'єм – 37,6 м³, середня глибина – 0,85 м, максимальна – 1,85 м. У цій роботі прийнято, що середній шар випаровування з водної поверхні київ-

ських водойм становить 527 мм. На нашу думку, остання величина є заниженою, принаймні застарілою. Про це, зокрема, свідчать дані спостережень на метеостанціях, де виконуються відповідні дослідження. У зазначеній праці наведено величину ґрунтового живлення озера, але як саме вона отримана не сказано.

Значну увагу екологічному стану озера приділено у праці [7], де описано характерні види водної та повітряно-водної рослинності, а також риби, що поширені в озері. Важливо, що в жодній з наявних праць не сформульовано проблему всихання озера, яка спостерігається останнім часом.

Метою роботи є встановлення природних і техногенних чинників, що зумовили значне зниження рівнів озера Синє в останні роки та розроблення заходів щодо покращення його екологічного стану.

Методи досліджень. Дослідження виконано на основі загальноприйнятих у гідрології методів синтезу і аналізу багаторічних даних гідрометеорологічних спостережень, матеріалів дистанційного зондування Землі, геодезичних вишукувань, а також аналізу антропогенних чинників, що впливають на формування стоку.

Викладення основного матеріалу. Озеро Синє розташоване на північно-західній околиці масиву Виноградар, у межах верхньої частини басейну р. Горенка, правої притоки р. Ірпінь (рис. 1). Належить до озер вододільного типу. Походження його льодовикове. Відповідно до класифікації озер Києва [6], належить до типу безстічних. Живлення озера відбувається за рахунок поверхневого, ґрунтового і напірного підземного живлення.

Ділянка оз. Синє розташована на північно-східному схилі Українського кристалічного щита, глибокий фундамент якого пере-



Рис. 1. Озеро Синє на карті та вигляд його північної частини, 13.06.2020 р.

кривається нашаруваннями пісків, супісків та глин. У гідрогеологічному відношенні територія розташована в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, що приурочений до однойменної тектонічної западини, заповненої потужною товщею осадових порід. В період інтенсивного танення снігу та великих дощів можливе коливання рівнів ґрунтових вод з амплітудою від 1 м до 2,5 м. Основний підйом води спостерігається у весняний період, спад – у літню межень та взимку. Згідно з гідрогеологічними вишукуваннями ТОВ «Водбуд-Україна» у червні 2020 р. ґрунтові води на прибережній ділянці оз. Синє встановилися на глибині 1,2–2,5 м (абс. відмітки 151.2–152.5 м БС), а рівень озера у вересні 2019 р. становив 151,49 БС (рис. 2), що більш ніж на 1 м менше середніх багаторічних значень для цього періоду року.

Зростання випарування з водної поверхні, зменшення опадів та притоку з водозбору обумовили не лише зменшення рівнів води в озері, але і зменшення його площі, що наочно простежується на різночасових космічних знімках (рис. 3). Раніше озеро мало площу 15 га, довжину 700 м і ширину – біля 200 м.

Реконструкція озера була виконана у 1996 р. На сьогодні озеро розділене на 2 частини – північну і південну, що з'єднані між собою каналом довжиною біля 100 м. Згідно з проектними даними площа озера становила 5,4 га. В період осінньої межень 2001 р. площа водного дзеркала становила 3,4 га. Зростання інтенсивності обміління озера розпочалося весною 2019 р. У вересні 2019 р. площа водного дзеркала зменшилася до 2,6 га, рівень води понизився більш ніж на 1 м, а лінія урізу змістилась до середини більш ніж на 10 м. В результаті пониження рівня води літом 1920 р. повністю пересох з'єднувальний канал і озеро перетворилося на дві окремі водойми. Рівні в північному озері спостерігалися нижчими ніж в південному, що свідчить про більш інтенсивний відтік води в напрямку р. Горенка. Зміни морфологічних характеристик озера за останні 20 років наведені в табл. 1.

Зменшення розмірів озера відбулося внаслідок зміни складових його водного балансу, на який безпосередньо вплинули чинники як природного, так і техногенного характеру. Аналіз топографічних карт минулого століття показує, що озеро розташоване в мікропо-

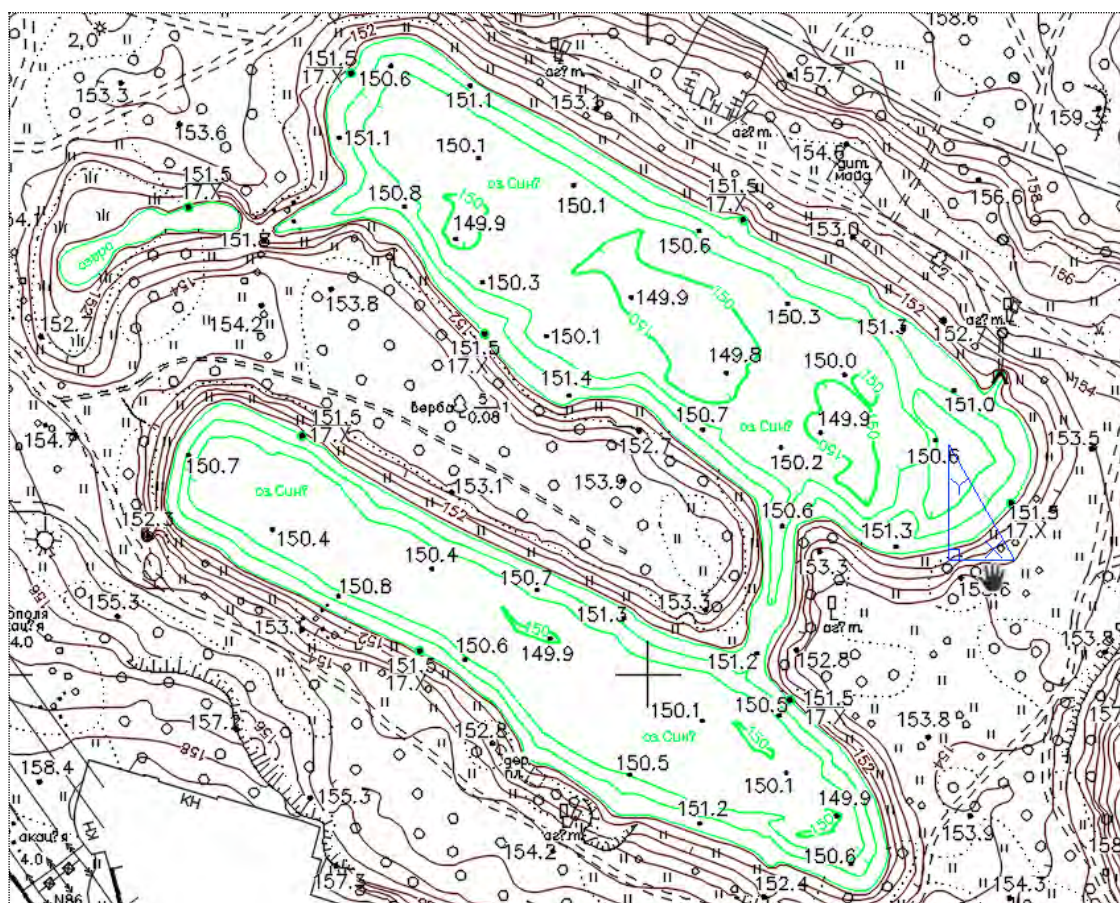


Рис. 2. Топографічний план озера Синє (ТОВ «Водбуд-Україна», 2019 р.)



Рис. 3. Зміна контурів оз. Синє за період із квітня 2004 р. (а), по квітень 2019 р. (б)

1. Морфологічні характеристики оз. Синє в періоди осінньої межені в 2001 р. і 2019 р.

Дата	Площа водного дзеркала, га	Північна ділянка, м		Південна ділянка, м		Ширина з'єднувального каналу, м
		ширина в районі каналу	довжина	ширина в районі каналу	довжина	
26.10.2001	3,4	85	257	61	268	19
17.09.2019	2,6	72	246	56	253	13

ниженні рельєфу, в якому концентрувався стік трьох невеликих балок. Площа водозбору в цей період становила 758 га (рис. 4а). Збудовані насипи автомобільних доріг навколо озера стали штучною перешкодою для надходження поверхневого стоку в озеро. Вздовж автомобільних доріг влаштована зливово-каналізація, яка відводить поверхневі води в сторону Дніпра. Природні умови надходження ґрунтового притоку також порушила

забудова навколишньої території (рис 4б), оскільки технологія будівництва пов'язана з необхідністю водовідведення з будівельних майданчиків і житлових масивів. Сучасна мережа дренажних і зливових систем забезпечує водовідведення в р. Дніпро. У результаті площа водозбору озера зменшилася до 21 га і, відповідно, зменшився природний стік в озеро.

Іншими природними чинниками водного

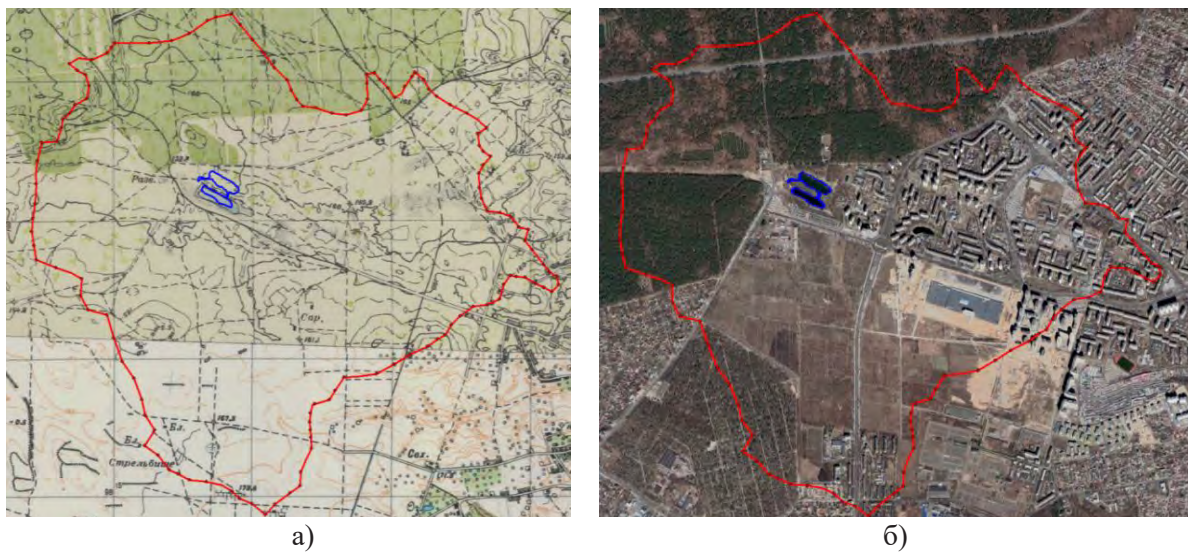


Рис. 4. Водозбір озера Синє (червона лінія): а – топографічна карта М1:25 000 (1937 р.); б – супутниковий знімок (2019 р.).

балансу озера є кількість атмосферних опадів і випарування з водної поверхні та водозбору, останні безпосередньо залежать від температури повітря. Наведені на рис. 5 дані багаторічних спостережень за температурою повітря на метеостанції «Київ» засвідчують поступове зростання температури упродовж усього періоду спостережень з 1881 р. Протягом минулого століття це зростання було незначним, але в останні два десятиліття інтенсивність значно виросла, особливо за період з 2010 р.

За період з 2000 по 2019 рр. середня температура повітря зросла на $1,6^{\circ}\text{C}$ порівняно з кліматичною нормою (1961–1990 рр.), а за останні 10 років на $1,9^{\circ}\text{C}$. У 2019 р. температура перевищувала кліматичну норму на $2,9^{\circ}\text{C}$. Динаміка зміни місячних і річних температур за характерні періоди спостережень наведена в табл. 2.

Різке зростання температури повітря обумовило значне зростання випарування з водної поверхні. Нині в Україні відсутня нормативна база для розрахунку випарування з водної поверхні і єдиним чинним документом залишаються «Указання по расчету испарения с поверхности водоемов», що видані у 1969 р. На сьогодні існують багато емпіричних методів розрахунку випарування з поверхні водойм, що потребують значної кількості метеорологічних даних і є не досить

зручними для практичного використання. Окрім того, порівняльний аналіз результатів розрахунків, отриманих різними методами, з результатами натурних інструментальних вимірювань засвідчує суттєві відмінності між ними, що обумовлено складністю і багатофакторністю процесів випарування [8]. Оскільки метою роботи є не оцінка фактичного випарування з поверхні оз. Синє з найбільшою достовірністю, а лише оцінка впливу на нього температури повітря, то для подальших досліджень нами використано наближений емпіричний метод А.М. Постнікова [9; 10], що базується тільки на залежності випарування від суми місячних температур повітря за безморозний період. Формула була отримана на основі даних інструментальних вимірювань випарування і температури повітря на найбільших водоймах колишнього СРСР. Коефіцієнт кореляції між температурою і розрахованим випаруванням є досить високим і становить $0,975$, а середня відносна похибка – 6% [10]. Розраховане за даною формулою середнє випарування з водної поверхні (за весь період спостережень за температурою повітря в Києві) дорівнює 732 мм, що практично співпадає з розрахунковим значенням випарування 50% забезпеченості за формулою Українського гідрометеорологічного інституту (703 мм [8]), яка найбільш широко використовується в Україні. На рис. 6 наведені

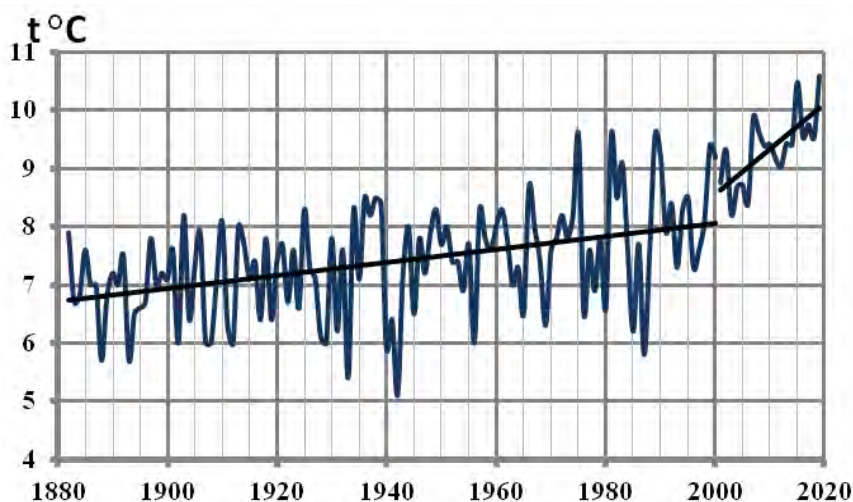


Рис. 5. Динаміка середньорічної температури за даними метеостанції «Київ»

2. Динаміка зміни середньорічної температури за даними метеостанції «Київ»

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	рік
Кліматична норма 1961–1990	-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,2	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3	7,7
2000–2019	-3,5	-2,5	2,7	10,5	16,4	19,6	21,7	20,9	15,2	8,8	3,4	-1,3	9,3
2010–2019	-4,3	-2,5	2,9	10,9	17,0	20,8	21,9	21,5	15,8	8,6	3,7	-0,7	9,6

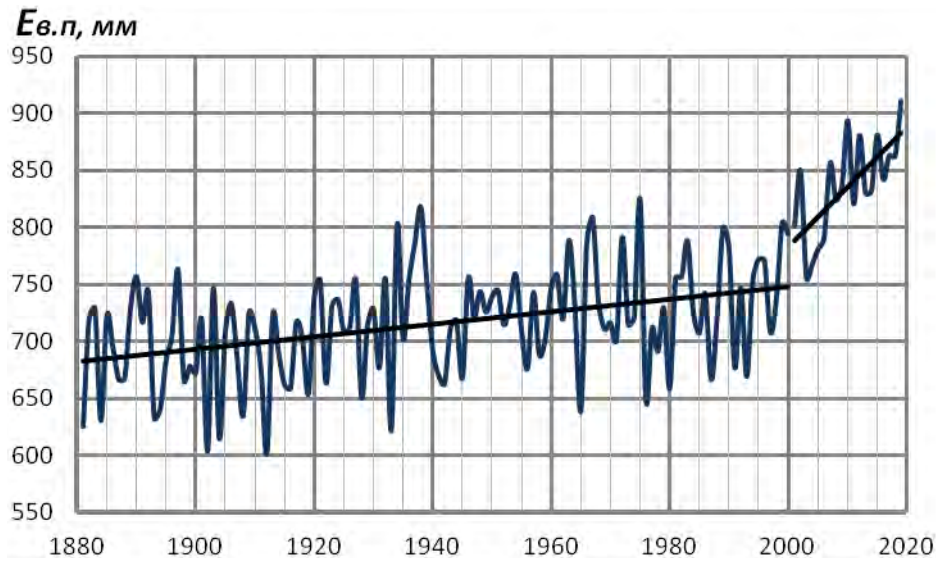


Рис. 6. Розрахункове випарування з водної поверхні київських водойм за період із 1881 р.

результати розрахунку випарування з водної поверхні для м. Києва, що дозволяють оцінити втрати об'єму безстічних водойм у результаті зростання температури повітря.

Аналіз отриманих результатів свідчить (табл. 3), що порівняно з кліматичною нормою випарування з київських водойм зросло за останні 20 років на 100 мм і в середньому становить 834 мм. У спекотний 2019 р. (середня річна температура становила 10,6°C, що на 2,9°C вище кліматичної норми) воно сягнуло величини 911 мм, тобто на 176 мм більше від кліматичної норми та на 206 мм

більше ніж у середньому за період 1881–1960 рр. За останні 5 років середнє випарування з водної поверхні становило 872 мм за рік, що на 137 мм більше кліматичної норми.

Іншою важливою складовою водного балансу території є кількість атмосферних опадів, багаторічна динаміка яких за матеріалами спостережень на метеостанції «Київ» наведена на рис. 7 і табл. 4. У 2019 р. в Києві випало всього 521 мм опадів, що на 132 мм менше кліматичної норми (табл. 4). Загалом, за останні 5 років **сумарна** кількість опадів зменшилась на 434 мм порівняно з кліматичною

3. Динаміка зміни середньорічного випарування з водної поверхні в Києві

Період	1881–1960	1961–1990 (кліматична норма)	2000–2019	2010–2019	2015–2019	2019
Випарування, мм	705	735	834	862	872	911

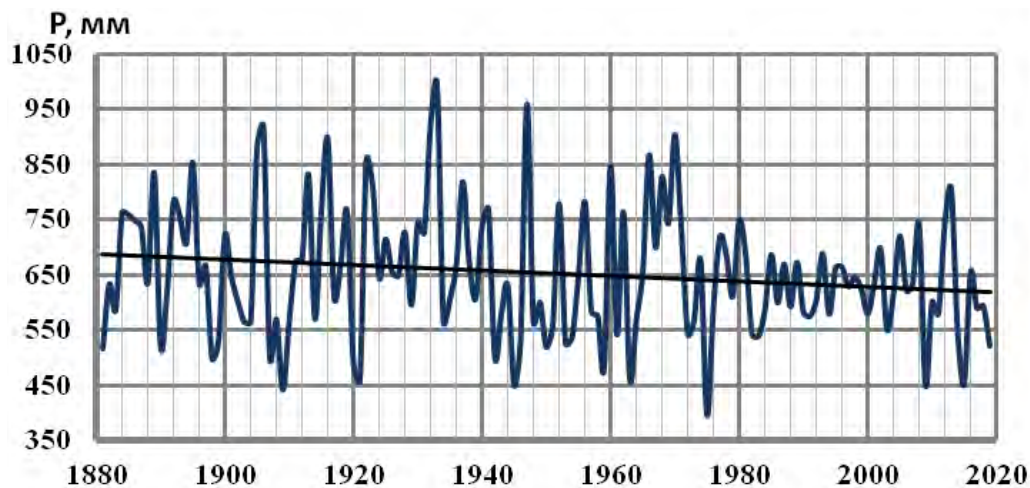


Рис. 7. Динаміка кількості опадів у Києві за весь період спостережень

4. Випарування з суходолу і опади в м. Києві

Рік	Кліматична норма (1961–1990 рр.)	2015	2016	2017	2018	2019	Сума за 2015–2019 рр.
Опади, мм	649	452	654	590	594	521	2811
Випарування, мм	573	439	599	554	557	501	2650

нормою (в середньому на 87 мм за рік).

Зростання температури майже на 2 °С за останнє десятиліття обумовило зміну випарування не лише з поверхні озера, але і з поверхні водозбору. Середнє річне випарування з суходолу, що розраховане за гідрологічно-кліматичним методом Мезенцева [11] для періоду 1961–1990 рр. (кліматична норма), становить 573 мм, тоді як у 2019 р. воно дорівнювало 501 мм. Динаміка випарування з суходолу за багаторічний період і його значення за останні роки порівняно з кліматичною нормою наведено на рис. 8 і в табл. 4

Зменшення випарування з поверхні водозбору (при значно вищій середньорічній температурі) обумовлене значним зменшенням кількості опадів і, відповідно, зменшенням вологості ґрунту. Наведені вище результати спостережень за опадами і розрахунки випарування з суходолу засвідчують, що в останні 5 років сумарна кількість опадів на 161 мм перевищує випарування за цей же період, тобто зберігається позитивний баланс вологи на водозборі. Однак це у 2,4 рази менше кліматичної норми. У маловодні 2015 і 2019 рр. різниця опадів і випарування з водозбору становила 13 і 20 мм, тоді як у період 1961–1990 рр. вона дорівнювала 69 мм. Це обумовило зниження рівнів ґрунтових вод і, відповідно, зменшення їх притоку до озера.

Різниця опадів і випарування із земної

поверхні ($P-E$) є важливою характеристикою водного балансу території, що відображає сумарний об'єм стоку (W) і акумуляції ґрунтових вод на водозборі ($\pm w$) за розрахунковий період. Особливо показовим є коефіцієнт зволоження водозбору (G_k), який, прийнявши $P-E = G$, розраховується за формулою

$$G_k = \frac{G_i}{\left(\sum_1^n G_i / n\right)},$$

де G_i – гідрологічний параметр зволоження i -того року; n – кількість років спостереження.

На рис. 9 наведена динаміка значень коефіцієнта зволоження G_k , де простежується різка тенденція до його зменшення в останні десятиліття. Природні процеси зменшення вологозабезпечення території розпочалися ще на початку 80-тих років минулого століття і особливо активізувалися в останні 5 років, що обумовило різке зменшення запасів ґрунтових вод і водності річок. Якщо до 1980 р. середнє значення G_k становило 1,13, то у наступний період воно зменшилося до 0,69. За останні 5 років середнє значення G_k зменшилось до 0,41, причому у 2015 р. і 2019 р. сумарний об'єм стоку і акумуляції ґрунтових вод становив всього 16% і 26% від його багаторічного значення. За 40 останніх років тільки в 6-ти випадках річний коефіцієнт G_k перевищував середньобагаторічне значення, причому

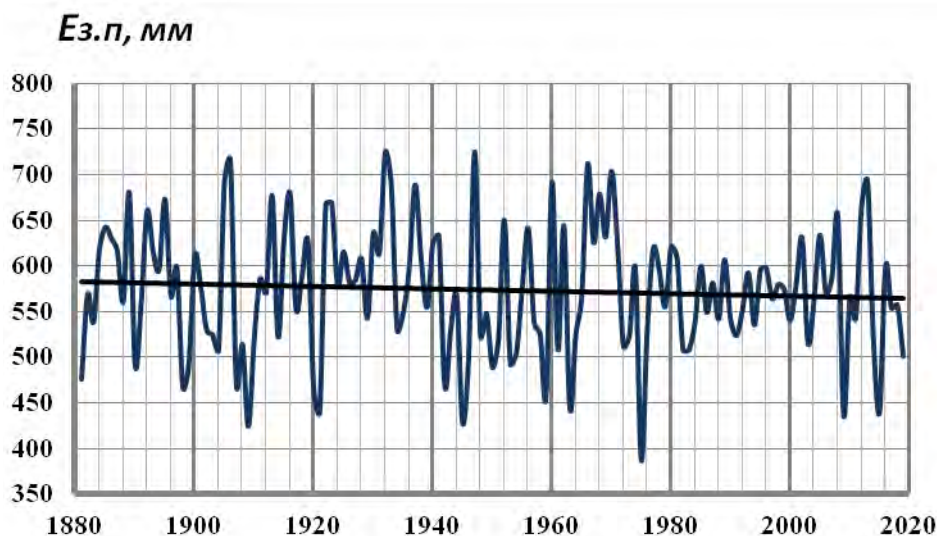
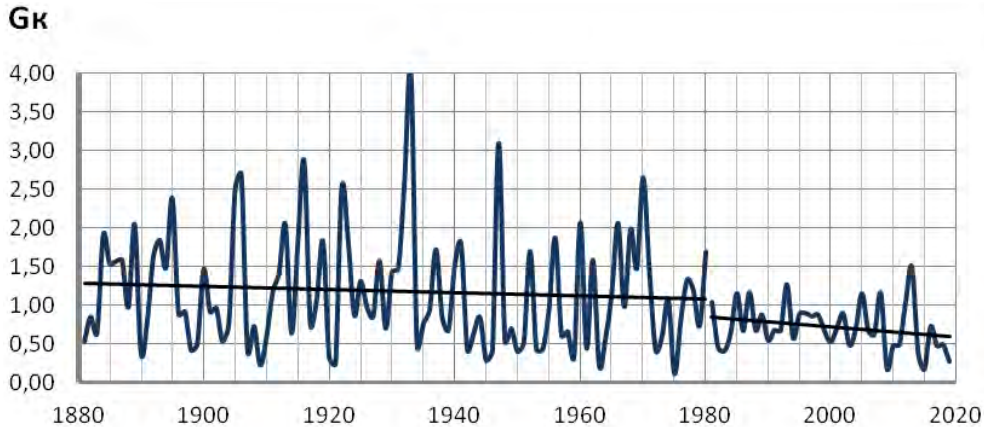


Рис. 8. Динаміка випарування з суходолу в м. Києві

Рис. 9. Зміна коефіцієнта зволоження водозбору (G_k) за багаторічний період

тільки у 1993 р. і 2013 р він був більшим 12%.

Різне зменшення водності в районі Києва наочно підтверджується даними стаціонарних спостережень за стоком у басейні р. Ірпінь, у межах якого знаходиться озеро. Наведені в табл. 5 і на рис. 10 результати спостережень на гідрологічному посту с. Мостище показують, що за період з 2011 р. стік річки в 1,46 рази зменшився порівняно з попереднім періодом 1958–2010 рр, а за останні

5 років він зменшився майже в 2 рази. Підтвердженням зростання випарування, як складової водного балансу річкового басейну, є також зменшення коефіцієнта стоку (відношення шару стоку до опадів) р. Ірпінь, який за період з 2015 по 2019 рр зменшився в 1,7 рази порівняно з періодом до 2010 р. (табл. 5). Оскільки кліматичні умови в межах водозборів р. Ірпінь і оз. Синє практично однакові, аналогічне зменшення стоку характерне і для

5. Середньорічні витрати і об'єми стоку р. Ірпінь – г/п Мостище за окремі періоди спостережень і останні роки

Період	Витрата, м ³ /с	Об'єм стоку млн.м ³	Коефіцієнт стоку
1958–2010	7,19	227	0,12
2015	3,9	123	0,07
2016	3,92	124	0,07
2017	3,33	105	0,06
2018	3,88	122	0,07
2019	3,42	108	0,07
2015–2019	3,69	116	0,07
2011–2019	4,9	155	0,08

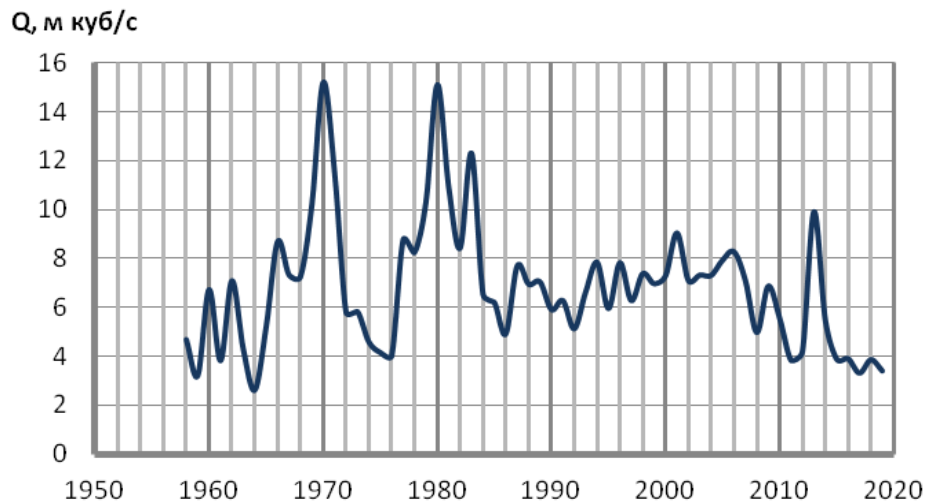


Рис. 10. Динаміка витрат р. Ірпінь – г/п Мостище

водозбору озера.

Окрім зазначених вище чинників техногенного характеру на екологічний стан озера також негативно вплинуло замулення і заростання ємності водойми, а також зміна технології очищення резервуарів питної води водопровідної станції «Виноградар-1». Згідно з вишукуваннями ТОВ «Водбуд-Україна», замулення озера у 2019 р. становило 1–1,5 м, що призвело до кольматажу джерел напірного живлення і зменшення притоку підземних вод. Підтримання задовільного екологічного стану в попередні роки частково забезпечувалося за рахунок надходження технологічних скидів води з водопровідної станції «Виноградар-1», де згідно з регламентом двічі на рік виконували роботи з очищення резервуарів питної води загальним об'ємом 14 тис. м³. Після впровадження новітніх технологій очищення води (без застосування рідкого хлору) технологічні скиди води припинилися, що також негативним чином позначилось на режимі рівнів озера.

Висновок. У результаті виконаних досліджень встановлено, що головною причиною зменшення рівнів води та об'єму озера Синє в останні роки є зміна клімату, зокрема зменшення кількості опадів та інтенсивне зростання температури повітря, що зумовило збільшення об'ємів випарування з водної поверхні і водозбору. Порівняно з кліматичною нормою випарування з поверхні київських водойм зросло за останні 10 років на 127 мм, а у 2019 р. воно сягнуло рекордної величини 911 мм. У 2019 р. у Києві випало всього 521 мм опадів, що на 132 мм менше кліматичної норми. Тільки за рахунок збільшення випарування з поверхні коефіцієнтами фільтрації.

озера і зменшення кількості опадів рівень озера в 2019 р. понизився на 30,4 см. Як наслідок, за період з осені 2019 р по червень 2020 р. рівні ґрунтових вод понизилися більш ніж на 1 м та встановилися практично на рівні поверхні озера. Різка погіршення екологічного стану озера також пов'язане з впливом антропогенних чинників, зокрема замуленням і кольматажем джерел напірного живлення, будівництвом автомобільних доріг, житлової забудови навколишньої території, а також зміною технології очищення резервуарів питної води водопровідної станції «Виноградар-1». За умови повторення кліматичного сценарію 2019 р. і весни 2020 р. існує реальна небезпека повної деградації озера. Зменшення інтенсивності обміління озера можливе за рахунок збільшення притоку поверхневих і ґрунтових вод шляхом перенаправлення до озера поверхневого і каналізаційного стоку (після очищення), а також дренажного стоку як із території природного водозбору озера, так і з поза його меж. Розчищення і днопоглиблення озера дозволить збільшити глибину при меженних відмітках та забезпечить розкриття закольматованих джерел підземного живлення. Це також забезпечить покращення екологічного стану озера, оскільки інтенсивність заростання повітряно-водною рослинністю різко зменшується при глибинах більше 1,5 м. Наповнення озера за рахунок вод напірних горизонтів є недоцільним через неминучі фільтраційні втрати, оскільки рівні ґрунтових вод на прибережній ділянці північної частини озера на сьогодні є нижчими від рівнів озера, а переважаючі піщані ґрунти навколо озера характеризуються високими

Бібліографія

1. Milly P.C.D., Dunne K.A. Colorado River flow dwindles as warming-driven loss of reflective snow energizes evaporation // *Science*. 2020. Mar 13, 367(6483). P. 1252–1255.
2. Гутброд К., Адаменко Т. та ін. Міграція кліматичних зон на північ. URL: <https://landlord.ua/wp-content/page/pid-udarom-stykhii-iak-mihruuiut-klimatychni-zony-v-ukraini/> (дата звернення: 01.04.2020).
3. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Зміни клімату та їх вплив на водність річок та умови сільськогосподарського виробництва // *Меліорація і водне господарство*. 2015. Вип. 102. С. 101–108.
4. Ромащенко М.І., Яцюк М.В., Сидоренко О.О. та ін. Причини обміління Шацьких озер і шляхи регулювання їх водного балансу // *Вісник аграрної науки*. 2020. № 8(809). С. 5–13.
5. Драган С.В. Озеро Синє – еколого-гідрологічні характеристики // *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2011. № 3(24). С.145–150
6. Афанасьев С.А. Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов города Киева // *Вестник экологии*. 1996. № 1-2. С. 112–118
7. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій / За ред. Романенка О.В. Київ: Наукова думка, 2015. 192 с.
8. Шерешевський А.І., Синицька Л.К. Сучасна оцінка розрахункового випарування з водної поверхні дніпровських водосховищ з метою його врахування при розробці режимів роботи

ГУС // Наук. праці УкрНДГМІ. 2006. Вип. 255. С. 213–228.

9. Постников А.Н. Формулы для расчета среднего годового испарения с поверхности суши и радиационный баланс водной поверхности // Проблемы современной гидрологии. Сб. науч. трудов гидрологич. фак-та, СПб. 2004. С. 143–153.

10. Постников А.Н. Приближенный метод оценки испарения с озер и водохранилищ // Уч. зап. РГГМУ. 2010. № 13, С. 21–29.

11. Мезенцев В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. Учебное пособие. Омск: Изд-во Омского с.-х. ин-та, 1982. 84 с.

References

1. Milly, P.C.D., & Dunne, K.A. (2020). Colorado River flow dwindles as warming-driven loss of reflective snow energizes evaporation [Colorado River flow dwindles as warming-driven loss of reflective snow energizes evaporation]. *Science*, 367(6483), 1252–1255.

2. Hutbrod, K., & Adamenko, T. et al. Migrations of climatic zones to the north. landlord.ua. Retrieved from: <https://landlord.ua/wp-content/page/pid-udarom-stykhii-iak-mihruuiut-klimatychni-zony-v-ukraini>. [in Ukrainian]

3. Vyshnevskij, V.I., & Shevchuk, S.A. (2015). Zminy klimatu ta yix vplyv na vodnist` richok ta umovy silskogospodarskogo vyrobnytstva [Climate change and its impact on river water content and conditions of agricultural production]. *Melioraciya i vodne gospodarstvo*, 102, 101–108 [in Ukrainian]

4. Romashchenko, M., Yatsiuk, M., Sydorenko, O., Nechai, O., Voropai, H et al. (2020). Prychyny obmilinnia Shatskykh ozer i shliakhy rehuliuвання yikh vodnoho balansu [Causes of Shatsk Lakes shoaling and ways of regulation of their water balance]. *Visnyk aharnoi nauky*, 8(809), 5–13. [in Ukrainian]

5. Drahan, S.V. (2011). Ozero Synie – ekoloho-hidrolohichni kharakterystyky [Blue Lake – ecological and hydrological characteristics]. *Hidrolohii, hidrokhimii, hidroekolohii*, 3(24), 145–150. [in Ukrainian]

6. Afanasev, S.A. (1996) Kharakterystyka hydrobyolohycheskoho sostoiannya raznotypnykh vodoemov horoda Kyeva [Characteristics of the hydrobiological state of different types of water bodies in the city of Kiev]. *Vestnyk ekolohyy*, 1-2, 112–118. [in Russian]

7. Romanenko, O.V., Arsan, O.M., Kipnis, L.S., & Sytnyk, Yu.M. (2015). Ekologichni problemy kyyivskykh vodojm i pryglyx terytorij [Ecological problems of Kyiv reservoirs and adjacent territories]. Romanenko O.V. (Ed). Kyiv. Naukova dumka. [in Ukrainian]

8. Shereshevskiy, A.I., & Synytska, L.K. (2006). Suchasna otsinka rozrakhunkovoho vyparuvannya z vodnoi poverkhni dniprovykh vodoshkovyshch z metoiu yoho vrakhuvannya pry rozrobttsi rezhyimiv roboty HUS [Modern estimation of the calculated evaporation from the water surface of the Dnieper reservoirs in order to take it into account when developing the modes of operation of the GUS]. *Nauk. pratsi UkrNDHMI*, 255, 213–228. [in Ukrainian]

9. Postnykov, A.N. (2004). Formuly dlia rascheta sredneho hodovoho ysparenyia s poverkhnosty sushy y radyatsyonnyi balans vodnoi poverkhnosty [Formulas for calculating the mean annual evaporation from the land surface and the radiation balance of the water surface]. *Problemy sovremennoi hydrolohyi*. Sб. nauch. trudov hydrolohych. fak-та, SPb, 143–153. [in Russian]

10. Postnykov, A.N. (2010). Pryblyzhennyi metod otsenky ysparenyia s ozer y vodokhranylyshch [Approximate method for estimating evaporation from lakes and reservoirs] *Uch. zap. RHHMU*, 13, 21–29. [in Russian]

11. Mezentsev, V.S. (1982). Hydrolohycheskye raschety v melyoratyvnykh tseliakh [Hydrological calculations for reclamation purposes]. *Uchebnoe posobie*. Омск: Yzd-vo Om. s.-kh. yns-та. [in Russian]

О.Н. Козицкий, С.А. Шевчук, И.А. Шевченко, Н.В. Логунова Причины понижения уровня озера Синее

и мероприятия по улучшению его экологического состояния

Аннотация. По данным экспертов Всемирной метеорологической организации, среднегодовая температура на планете выросла на 1 °C по сравнению с доиндустриальным периодом, что привело к резкому увеличению испарения и, как следствие, стало причиной уменьшения речного стока на 9,3%. В Украине температура воздуха изменяется значительно быстрее чем в целом в мире. За последние годы она выросла на 2 °C по сравнению с климатической нормой. В результате агроклиматические зоны сместились на север на расстояние около 200 км. В работе приведены результаты количественной дискретной оценки природных и техногенных факторов, обусловивших резкое понижение уровней озера Синее в последние годы. В результате выполненных исследований

установлено, что уменьшение стока рек и объема природных водоемов, прежде всего, является результатом интенсивного роста температуры воздуха в последние десятилетия и обусловленного им увеличения объемов испарения влаги с поверхности водоемов и водосборов. Другими важными причинами уменьшения водности оз. Синее является уменьшение количества осадков и хозяйственная деятельность, в частности строительство дорог, интенсивная застройка территории и отвод дренажного и поверхностного стока за пределы водосбора озера. Из-за отсутствия снежного покрова в 2020 г. весеннее половодье на равнинных реках Украины прошло с расходами, что значительно меньше нормы, в частности сток р. Ирпень за период с 2011 г. уменьшился в 1,46 раза по сравнению с предыдущим периодом 1958–2010 гг., а за последние 5 лет он уменьшился почти в 2 раза. Из-за незначительных объемов паводкового притока не произошло наполнение водохранилищ и озер к нормативными уровням, а в результате уменьшения количества осадков и роста испарения значительно понизились уровни грунтовых вод, что обусловило уменьшение почвенного притока к водоемам. При повторении климатического сценария 2019 гидрологического года уровни воды оз. Синее могут снизиться значительно ниже исторических отметок и привести к полной деградации озера. Улучшение экологического состояния озера возможно за счет увеличения притока поверхностных и грунтовых вод путем перенаправления к озеру поверхностного и дренажного стока с территории природного водосбора озера, а также в результате расчистки и дноуглубления озера, что позволит увеличить глубину при межених отметках и обеспечит раскрытие закольматированных источников подземного питания.

Ключевые слова: озеро, бассейн, гидрологический режим, уровень воды, осадки, испарение, природные условия, антропогенная нагрузка.

O.M. Kozytskyi, S.A. Shevchuk, I.A. Shevchenko, N.V. Logunova

Factors of lowering the Lake Syne level and measures to improve its ecological state

Abstract. According to experts from the World Meteorological Organization, the average annual temperature on the planet has increased by 1 °C compared to the pre-industrial period, which led to a sharp increase in evaporation and, consequently, caused a decrease in river runoff by 9,3%. In Ukraine, air temperature changes much faster than in the world as a whole. In recent years, it increased by 2 °C compared to the climatic norm, which has caused the shift of agro-climatic zones to the north in a distance of about 200 km. The paper presents the results of quantitative discrete assessment of natural and man-made factors that have led to a sharp lowering of the Lake Synye levels in recent years. The study has shown that the decrease in river runoff and the volume of natural reservoirs is primarily the result of an intensive increase in air temperature in recent decades and the resulting increase in the evaporation of moisture from the surface of reservoirs and watersheds. Other important reasons for the decrease in water content of Synye lake is the reduction of precipitation and economic activities, including the construction of roads, intensive development of the adjacent territory as well as drainage and surface runoff outside the catchment area of the lake. Due to the lack of snow cover in 2020, the spring floods on the plains of Ukraine were characterized with much lower flow rates than usual, in particular the runoff of the Irpin River since 2011 has decreased by 1,46 times compared to the previous period of 1958–2010, and over the past 5 years, it has decreased almost 2 times. Due to small volumes of flood inflow, reservoirs and lakes were not filled up to the regulatory levels, and as a result of decreasing rainfall and increasing evaporation, groundwater levels decreased significantly, resulting in a decrease in groundwater inflow to reservoirs. Subject to the repetition of the climate scenario of 2019 hydrological year, the water levels in Lake Syne can fall well below historical levels and it can lead to complete degradation of the lake. Improving the ecological condition of the lake is possible by increasing the inflow of surface and groundwater by redirecting to the lake surface and drainage runoff from the natural catchment area of the lake, as well as by clearing and dredging the lake, which will increase the depth at the boundary marks and ensure the disclosure of clogged underground feeding sources.

Key words: lake, basin, hydrological regime, water levels, precipitation, evaporation, natural conditions, anthropogenic load.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-259>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/259>

УДК 556.53 : (477-25)

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВОДОЙМ ЖУКОВОГО ОСТРОВА В КИЄВІ

В.І. Вишневський¹, докт. геогр. наук, С.А. Шевчук², канд. техн. наук, О.М. Козицький³

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4459-6331>; e-mail: vishnev.v@gmail.com;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-5844-4980>; e-mail: sergey_shevchuk_@ukr.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-2900-1598>; e-mail: olegkoz@ukr.net

Анотація. За даними польових досліджень, картографічними творами і супутниковими знімками встановлено основні гідроекологічні особливості водойм на Жуковому острові в Києві. Наведено відомості про історію впливу господарської діяльності на цю місцевість. Найпершим об'єктом, який вплинув на водні об'єкти острова, насамперед на рукав Коник, став залізничний тунель, який будували наприкінці 1930-х і на початку 1940-х років. Іншим чинником стало прокладання кількох автошляхів. Наслідком цього будівництва стало те, що колишній рукав Дніпра Коник фактично перетворився на озеро. Значні зміни в цій місцевості відбулися також у середині 1970-х років після створення Канівського водосховища. Зростання рівня води в межених умовах приблизно на 2,5 м спричинило збільшення розмірів наявних водойм і появу нових. Наведено опис найбільших озер у досліджуваній місцевості. Нині вони становлять складну озерну систему, гідравлічно пов'язану з Дніпром. Водночас цей зв'язок, а також окремих озер між собою, є незначним. Насамперед це зумовлено невеликою пропускною спроможністю наявних гідротехнічних споруд та засміченням підходів до них. До того ж на обсяг водообміну негативно вплинула невелика водність Дніпра в останні роки. Це позначилося на екологічному стані озер, які інтенсивно заростають. Крім того, негативний вплив спричинили скиди в одне з найбільших місцевих озер, а саме Коник. Наведено показники донних відкладів у цьому озері, які свідчать про його забруднення важкими металами. Описано характерні види водної та повітряно-водної рослинності, що властива озерам на Жуковому острові. Сформульовано пропозиції, що можуть поліпшити водообмін в озерах, а відтак їх екологічний стан. Висловлено думку, що природоохоронна діяльність у цій місцевості може поліпшитися в разі включення створеного тут ландшафтного заказника до складу національного природного парку "Голосіївський".

Ключові слова: озеро, Жуків острів, заростання, водообмін, екологічний стан.

Актуальність дослідження. Жуків острів належить до місцевості, яка здавна багата на природу. Свого часу, а саме в 1921 р., тут почав функціонувати перший в Україні природний заповідник «Конча-Заспа». Згодом (у 1934 р.) його було ліквідовано, проте в 1999 р. рішенням Київради тут створили ландшафтний заказник «Жуків острів». У липні 2020 р. замість нього на Жуковому острові створили ландшафтний заказник «Конча-Заспа» орієнтовною площею 579,9 га. Нині це одна з найцінніших у природному відношенні зелених зон Києва, яку інколи називають «Київською Амазонією». Тут налічується чимало водойм, з яких близько десяти мають власну назву. Водночас природні процеси та антропогенна діяльність зумовили те, що стан цих водойм погіршується. Насамперед це стосується оз. Коник, яке розташоване

біля промзони і зазнає негативного впливу промислових скидів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існує чимало публікацій, які стосуються природи Жукового острова [1; 4–7]. До найперших належать ті, що написані в роки функціонування заповідника «Конча-Заспа». Зокрема відомим дослідником цього краю, автором багатьох наукових праць був М.В. Шарлемань [6; 7] – директор заповідника. В останні десятиліття основну увагу цій місцевості приділяли переважно фахівці-біологи. Водночас праць, які стосуються розміру водойм, водообміну, якості води, практично немає.

Метою дослідження є з'ясування чинників і наслідків антропогенного впливу на водойми Жукового острова.

Матеріали і методика досліджень. Основним джерелом даних для цієї статті

стали матеріали власних польових досліджень, картографічні твори, а також дані дистанційного зондування Землі. Крім того, окремі відомості отримано за даними спостережень гідрометслужби щодо водного режиму Дніпра.

Результати дослідження та їх обговорення. Загалом існує два поняття «Жуків острів». Історично першим є доволі велика територія, обмежена Дніпром на сході та його рукавом Коник на заході. Так, зокрема, показано і підписано цю територію на карті 1897/1918 рр. Інше поняття «Жуків острів» відповідає півострову в межах Канівського водосховища, який з рештою суші з'єднаний дамбою. Цей півострів дещо нагадує інший – острів Водників, що розташований вище за течією Дніпра.

У нашому дослідженні основну увагу прикуто до території між Дніпром і рукавом Коник, а не до згаданого півострова. Ще в 30-х роках минулого століття ця територія мала чіткі межі, про що свідчить карта «РККА» тих часів. На карті показано, але не підписано невеличку р. Віта, що впадає в рукав Коник із заходу (рис. 1).

Нині точно встановити площу цієї території доволі складно, адже дискусійними стали її межі. Протягом останніх ста років тут відбулися значні гідрографічні зміни, зумовлені господарською діяльністю. Це, зокрема, стосується рукава Коник, який раніше був чіткою західною межею Жукового острова.

Одним із перших масштабних об'єктів, який вплинув на стан досліджуваної тери-

торії, став залізничний тунель, який у підводному стані мав перетнути Дніпро. Будівництво тунелю разом з автошляхом, що пролягав поряд, розпочали наприкінці 1930-х років. На час припинення робіт (липень 1941 р.) було збудовано приблизно 600 м тунелю. Ця споруда фактично перерізала рукав Коник в його південній частині. У 1950-х роках від наявного автошляху вздовж тунелю побудували відгалуження в північний бік до о. Водників. Цей автошлях, зокрема, добре видно на супутниковому знімку від 18.04.1962 р.

Значний вплив на цю територію спричинило зарегулювання Дніпра – насамперед створення в середині 1970-х років Канівського водосховища. У меженних умовах рівень води тут зріс приблизно на 2,5 м [2]. Це спричинило істотне збільшення розмірів наявних водойм і появу нових. Крім того, підняття рівня води зумовило збільшення розмірів заток Дніпра. Нині складно сказати де саме розташовано гирло р. Віта.

Аби сполучення з Жуковим островом збереглося, у верхній частині Коника збудували дамбу, по якій проклали автошлях. Ця споруда фактично відокремила колишній рукав від Дніпра. Отже, рукав Коник штучно обмежили з двох сторін: з півдня тунелем і з півночі дамбою. Як наслідок, річковий рукав перетворився на озеро.

Для регулювання надходження води в наявні тут водойми на березі Дніпра було збудовано водопропускну споруду – шлюз-регулятор завширшки 2 м. Координати цієї споруди такі:

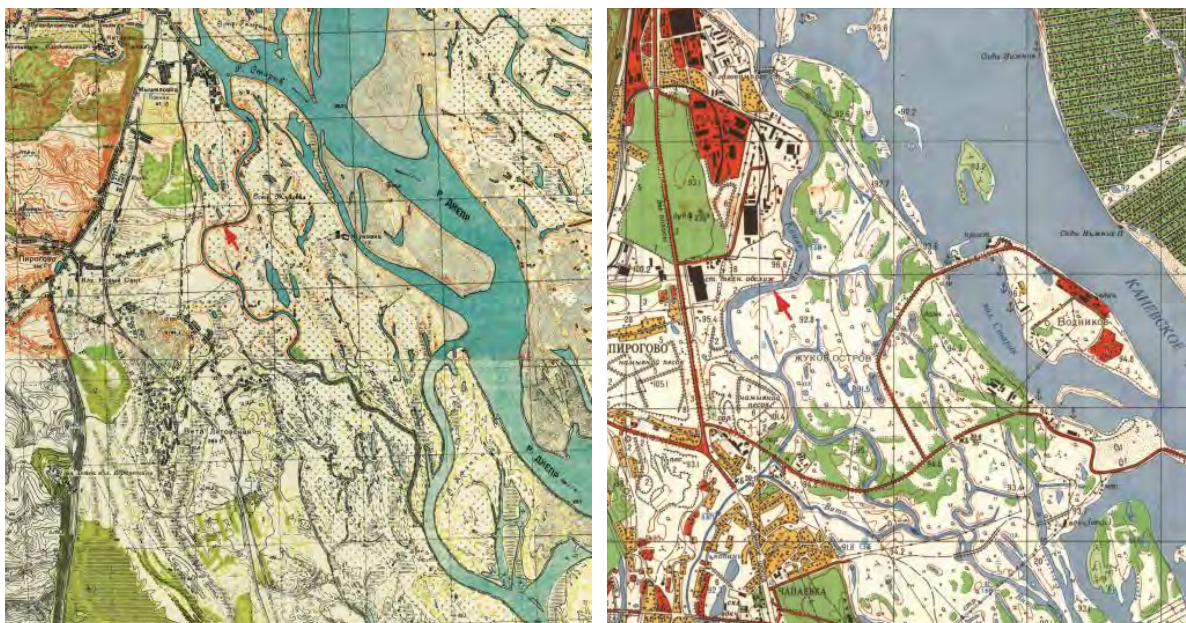


Рис. 1. Фрагменти топографічних карт «РККА» і 1980 р.
Червоною стрілкою показано оз. Коник

50°21'05" пн. ш. і 30°34'38" сх. д. На додаток до цього, біля північної частини Коника збудували насосну станцію, призначену для зменшення підтоплення цієї території. За проектом, у разі значного рівня води в озері та прилеглих водоймах насосна станція мала перекачувати воду в розташовану північніше затоку Дніпра. З огляду на наявність гідравлічного зв'язку з іншими водоймами, потенційно це стосувалося всього Жукового острова.

Можна припустити, що під час останньої високої повені в 1979 р. ця насосна станція була задіяна, але навряд хоч раз пізніше. Тим не менш, ця станція і досі продовжує існувати. Вона перебуває на балансі комунального підприємства «Плесо». Що ж до шлюз-регулятора, він хоч існує, але щита вже немає. Те саме стосується й інших подібних споруд у межах досліджуваної території.

Нині у межах Жукового острова сформувалася складна озерна система. Найбільші озера мають між собою гідравлічний зв'язок. Це такі озера, як Коник, Чоловіче, Грузьке,

Бервенець і Пещерне. Проте існують й ізольовані водойми (рис. 2).

Нині найбільшим озером на Жуковому острові є Коник. Його загальна довжина від дамби на березі Дніпра до недобудованого тунелю становить 4,6 км, характерна ширина в північній частині – 60 м, у південній – удвічі менша. Виконані проміри глибин дали змогу встановити, що найбільші глибини (до 10,0 м) зосереджені в північній частині озера. Водночас у найзахідній вузькій частині глибина є меншою за 1,5 м.

Усі інші озера за розмірами істотно поступаються Коніку. Так, Чоловіче має довжину 500 м, Грузьке – 400 м, Бервенець – 730 м, Пещерне – 860 м.

Водообмін озер з Дніпром і між собою забезпечується завдяки кільком гідротехнічним спорудам і протокам. Окрім згаданої вище водопропускної споруди на березі Дніпра, у наявних насипах автошляхів є ще кілька. Зокрема існує водопропуск у насипу автошляху до о. Водників. Його координати



Рис. 2. Сучасне розташування озер у межах Жукового острова:

1 – Коник, 2 – Чоловіче, 3 – Грузьке, 4 – Бервенець, 5 – Пещерне. Синіми кружечками показано розташування водопропускних споруд, стрілками – переважаючий напрям руху води

такі: 50°20'46" пн. ш. і 30°34'27" сх. д. Через цей водопропуск відбувається водообмін оз. Чоловіче з іншими водоймами (зокрема Бервенець), що розташовані південніше. Наступне місце, де існує водопропуск (фактично міст над протокою), влаштовано на автошляху до яхтклубу та розташованого поряд ресторану (координати: 50°20'18" пн. ш. і 30°34'49" сх. д.). Завдяки цьому водопропуску існує гідравлічний зв'язок між Дніпром та оз. Пещерне. Ще один водопропуск у вигляді мосту на цьому самому автошляху розташований між відгалуженням оз. Коник і р. Віта.

У звичайних умовах надходження води в озерну систему Жукового острова відбувається через шлюз-регулятор на березі Дніпра. Витрата води визначається коливаннями рівня води, які залежать від скидів Київської ГЕС протягом доби. Найбільша швидкість убик озер та витрати води (до 2–3 м³/с) спостерігаються пізно ввечері під час підвищення рівня води у Дніпрі. Натомість рано-вранці, коли рівень води у ріці найнижчий, вода з озер витікає. Через решту гідротехнічних споруд вода переважно рухається в південному напрямку.

Наявні гідротехнічні споруди та протоки між озерами забезпечують певний водообмін, який загалом дуже незначний. В окремо взятих озерах рух води є таким. В оз. Чоловіче, що розташоване порівняно неподалік від Дніпра, вода заходить з ріки і далі може рухатися у двох напрямках: до озер Коник і Бервенець. Озеро Грузьке сполучається протокою лише з Коником. Тож водообмін у ньому зовсім незначний. Озеро Пещерне сполучається протокою з оз. Бервенець і нею та іншою протокою з р. Віта. Водообмін у цьому озері практично відсутній.

Обсяг води, що заходить через шлюз-регулятор на березі Дніпра, істотно залежить від амплітуди коливань рівня води у ріці. Проте, останні 2015–2019 рр. виявилися на Дніпрі маловодними – зі стоком у півтора рази меншим за норму. Відповідно меншими стали й скиди Київської ГЕС у «години пік» – насамперед у ранішні години. Крім того, менш регулярними стали і скиди, що пов'язано з мінливістю виробництва електроенергії на сонячних електростанціях. Про це, зокрема, свідчать дані ПрАТ «Укргідроенерго», а також дані самописця рівня води на гідрологічному посту «Київ». У свою чергу, зменшення коливань рівня призвело до зменшення водообміну між Дніпром та озерами.

Особливості водообміну, звісно, позначилися на екологічному стані озер. У цьому разі особливої уваги потребує оз. Коник, на захід-

ному березі якого розташована велика пром-зона. Неодноразово вода в озері змінювала свій колір, набуваючи червонуватого відтінку. Це, зокрема, видно на супутникових знімках від 26.10.2014 р. і 09.08.2016 р., які містяться на сервіс Google.Earth.

Найбільше своїм кольором вирізняється частина Коника, що має такі координати: 50°21'33" пн. ш. і 30°33'58" сх. д. Обстеження Коника, виконане 03.03.2017 р., показало, що його акваторія, вкрита кригою, саме в цьому місці мала ополонку. Цікаво й те, що під час цього обстеження на водній поверхні спостерігалася ряска, що залишалася в живому стані. Ймовірно це зумовлено не лише скидом теплої води, а ще й збагаченої біогенними та органічними речовинами.

Одиничні проби води, відібрані у північній і південній частині оз. Коник, показали відсутність його критичного забруднення – ймовірно через розбіжність у часі випадків забруднення і відбору проб води. У цьому разі інформативнішими є відомості про забруднення донних відкладів. Виявилося, що ці відклади доволі забруднені важкими металами, принаймні їх концентрація на порядок більша, ніж в оз. Алмазне, де було виконано аналогічні дослідження [8]. Зокрема в північній частині оз. Коник концентрації виявилися такими: Cu – 0,47, Zn – 54,0, Mn – 59,0, Pb – 26,6 мг/100 г. Кращою виявилася ситуація в південній частині, де концентрації становили: Cu – 0,35, Zn – 11,9, Mn – 16,1, Pb – 2,3 мг/100 г. Наведені дані красномовно свідчать про те, що джерело забруднення дійсно розташовано в північній частині озера.

Багатим і різноманітним є рослинний світ Жукового острова, зокрема, в озерах. Загалом тут домінують листяні дерева: насамперед дуб, ясен і верба. Причому деякі дуби сягають віку в кількості років. У цьому разі найпершої згадки потребує так званий дуб на Синій воді, що росте за 400 м на захід від оз. Бервенець. Координати цього дерева такі: 50°20'06,1" пн. ш. і 30°34'58,5" сх. д. Охоплення його стовбура сягає 6,1 м, висота 20 м, вік понад 600 років. Рішенням Київської міської ради цей дуб оголошено пам'яткою природи місцевого значення. Додамо, що тут можна нарахувати ще чимало великих дубів, щоправда дещо меншого розміру.

Характерною особливістю місцевих озер є дуже значне поширення аморфи кущової, яка вкриває сухопутну частину берегів. Винятком є хіба що оз. Грузьке, де цього чагарнику майже немає. Водночас характерною особливістю цього озера є те, що його береги дійсно грузькі.

Більша частина його берегів вкрита повітряно-водною рослинністю, серед якої найбільше рогозу широколистого. Крім того, тут зустрічається очерет звичайний, комиш озерний, сусак зонтичний, зрідка – їжача голівка.

Водна рослинність в озерах також має особливості. Для більшості з них характерне значне поширення водяного різача або ж тіло-різу. На водній поверхні часто зустрічається жабурник і ряска мала, дещо рідше – глечики жовті, стрілиця. Особливо багато ряски, яка влітку вкриває значну частину акваторії, в озерах Пещерне і Чоловіче. Самий лише цей факт свідчить про те, що вода тут практично стояча. На озерах Коник і Чоловіче зустрічається й водяний горіх. Така красива рослина, як латаття біле, в найбільшій кількості зустрічається на оз. Грузьке.

Домінантними видами рослинності, що поширена у водній товщі, є елодея канадська і кушир занурений. З інших видів може бути згаданий рдесник стиснутий.

Наведений перелік повітряно-водної та водної рослинності свідчить про те, що наявні на Жуковому острові озера належать до евтрофних, іншими словами до таких, що перебувають у стані вираженого старіння і деградації [3].

Значне поширення рослинності та накопичення її частин (передусім гілок дерев) біля водопропускних споруд супроводжується ускладненням водообміну між озерами. Крім того, тут же накопичується сміття. Водночас жодні заходи з розчищення підходів до цих споруд ніхто не виконує. Саме ці заходи можна рекомендувати до першочергових для поліпшення екологічного стану озер. Власне, ландшафтний заказник «Жуків острів» більше існує на папері, ніж насправді. Те саме стосу-

ється утвореного практично тут же ландшафтного заказника «Конча-Заспа». Подібне можна сказати про регіональний ландшафтний парк «Дніпровські острови». Його ніби і створили, але адміністрації він не має. Тож, природоохоронна робота на острові не виконується. Можна висловити думку про те, що ця діяльність була би посилена у разі включення цієї території до національного природного парку «Голосіївський», який має власну адміністрацію, а також високий статус об'єкта ПЗФ загальнодержавного значення.

Висновки. Антропогенна діяльність, зокрема, будівництво фрагменту залізничного тунелю, а також насипів автошляхів спричинила перекриття водотоків, які зв'язували озера на Жуковому острові між собою і Дніпром. Іншим важливим чинником стало підвищення рівнів води, зумовлене створенням Канівського водосховища. Наступний чинник – забруднення води, яке особливо стосується оз. Коник. Нині на цій території сформувалася складна озерна система, водообмін в якій забезпечується існуванням кількох водопропускних споруд і протоками між озерами. Обсяг цього водообміну незначний, оскільки водопропускних споруд мало і в багатьох випадках рух води ускладнений через накопичення решток рослинності та сміття. Водна рослинність у наявних озерах свідчить про їх належність до евтрофного стану, тобто стану вираженого старіння і деградації. Першочерговими заходами, які здатні поліпшити водообмін між озерами, є розчищення водопропускних споруд і підходів до них. Посилення природоохоронної діяльності на Жуковому острові можливе за умови включення його території до НПП «Голосіївський».

Бібліографія

1. Афанасьев С.А., Карпова Г.А., Панькова Н.Г., Куриленко О.Г. Макрофиты и донная фауна водоемов устьевой области р. Виты // Гидробиол. журн. 2001. Т. 37, № 2. С. 26–35.
2. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.
3. Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Перші кроки до оцінки якості води. Бережани, 2010. 32 с.
4. Кучер Р.В. Розвиток острова Жуків як частина регіонального ландшафтного парку Дніпровські острови в м. Києві // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2016. Вип. 46. С. 293–299.
5. Цуканова Г.О., Андрієнко Т.Л., Прядко О.І. Рослинний покрив островів Дніпра в межах м. Києва // Український ботанічний журнал. 2002. Т. 59, № 2. С. 135–140.
6. Шарлемань М. По Києву і його околицях. Короткий провідник для природничих екскурсій. Київ: Державне видавництво, 1921. 48 с.
7. Шарлемань М. Заповідник «Конча-Заспа». Харків: «Радянська школа», 1932. 31 с.
8. Шевчук С., А Козицький О.М., Вишневський В.І. Сучасний стан оз. Алмазне та заходи з його екологічного оздоровлення // Меліорація і водне господарство. 2017. Вип. 105. С. 39–45.

References

1. Afanasev, S.A., Karpova, G.A., Pankova, N.G., & Kurulenko, O.G. (2001). Makrophyty i donnaja phauna vodojonomov ustievoi oblasti r. Vity [Macrophytes and bottom fauna of water bodies of the mouth area of the Vita River]. *Hydrobiol. zhurnal*, 2, Vol. 37, 26–35. [in Russian]
2. Vyshnevskiy, V.I. (2011). *Rika Dnipro* [The Dnipro River]. Kyiv: Interpress LTD. [in Ukrainian]
3. Karpova, G., Zub, L., Melnychuk, V., & Protsiv, G. (2010). Otsinka ekolohichnoho stanu vodoim metodamy bioindekatsii. Pershi kroky do otsinky yakosti vody [Assessment of the ecological condition of reservoirs by bioindication methods. The first steps to assessing water quality]. *Berezhany*. [in Ukrainian]
4. Kucher, R.V. (2016). Rozvytok ostrova Zukiv yak chastyna rehionalnoho landshaphtnoho parku Dniprovsi ostrovy v Kyjevi [Development of Zhukiv Island as a part of the Dnipro Islands Regional Landscape Park in Kyiv]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, 46, 293–299. [in Ukrainian]
5. Tsukanova, G.O., Andrienko, T.L., & Prjadko, O.I. (2002). Roslynnny pokryv ostroviv Dnipra v mezhakh m. Kyieva [Vegetation of the Dnieper islands within the city of Kyiv]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 2, Vol. 59, 135–140. [in Ukrainian]
6. Sharleman, M. (1921). *Po Kievu i joho okolitsakh. Korotkyi providnyk dlja pryrodoznavchyykh ekskursiy* [Alongside Kyiv and its environs. A short guide for nature excursions]. Kyiv: Derzhavne vydavnytstvo. [in Ukrainian]
7. Sharleman, M. (1932). *Zapovidnik Koncha-Zaspa*. [Nature Reserve Koncha-Zaspa]. Kharkiv: Radjanska shola. [in Ukrainian]
8. Shevchuk, S.A., Kozutskiy, O.M., & Vyshnevskiy, V.I. (2017). Suchasnui stan oz. Almazne ta zakhody z joho ozdorovlennia [The current state of the lake Almazne and measures for its ecological rehabilitation]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 105, 39–45 [in Ukrainian]

В.И. Вишнеvский, С.А. Шевчук, О.Н. Козицкий

Гидроэкологические особенности водоёмов Жукова острова в Киеве

Аннотация. По данным полевых исследований, картографическим произведениям и спутниковым снимкам установлены основные гидроэкологические особенности водоемов на острове Жуков в Киеве. Приведены сведения об истории влияния хозяйственной деятельности на эту местность. Первым объектом, который повлиял на водные объекты острова, прежде всего на рукав Коньк, стал железнодорожный тоннель, который строили в конце 1930-х и в начале 1940-х годов. Другим фактором стала прокладка нескольких автодорог. Следствием этого строительства стало то, что бывший рукав Днепра Коньк фактически превратился в озеро. Значительные изменения в этой местности произошли также в середине 1970-х годов после создания Каневского водохранилища. Повышение уровня воды в меженных условиях примерно на 2,5 м привело к увеличению размеров имеющихся водоемов и появлению новых. Приведено описание крупнейших озер в исследуемой местности. Сейчас они представляют сложную озерную систему, гидравлически связанную с Днепром. В то же время эта связь, а также отдельных озер между собой, незначительна. Прежде всего это обусловлено небольшой пропускной способностью имеющихся гидротехнических сооружений и засорением подходов к ним. К тому же, на объем водообмена негативно повлияла небольшая водность Днепра в последние годы. Это сказалось на экологическом состоянии озер, которые интенсивно зарастают. Кроме того, негативное влияние вызвали сбросы в одно из крупнейших местных озер, а именно Коньк. Приведены показатели донных отложений в этом озере, свидетельствующие о его загрязнении тяжелыми металлами. Описаны характерные виды водной и воздушно-водной растительности, присущей озерам на Жуковом острове. Сформулированы предложения, которые могут улучшить водообмен в озерах, а затем их экологическое состояние. Высказано мнение, что природоохранная деятельность в этой местности может улучшиться в случае включения созданного здесь ландшафтного заказника в состав национального природного парка «Голосеевский».

Ключевые слова: озеро, Жуков остров, зарастание, водообмен, экологическое состояние.

V.I. Vyshnevskiy, S.A. Shevchuk, O.M. Kozutskiy

Hydroecological features of water bodies within Zhukiv island in Kyiv

Abstract. According to field research, cartographic works and satellite images, the main hydroecological features of water bodies on Zhukov Island in Kyiv have been studied. Information on the history of the impact of economic activity on this area is given. The first object affected the water bodies, located on the island, particularly for the Konyk river arm, was a railway tunnel, which was under construction in the late 1930s and early 1940s. Another factor was the construction of several roads. As the result of this construction the former river arm Konyk actually turned into the lake. Significant changes in this

area were observed in the mid-1970s after the construction of the Kanivske Reservoir. The increase of the water level in low water conditions by about 2,5 m caused an increase in the size of existing water bodies and the emergence of new ones. The description of the largest lakes in the study area is given. For today they are a complex system of lakes hydraulically connected to the Dnipro. At the same time, this connection, as well as the connection of individual lakes, is insignificant. First of all, this is due to the low capacity of the existing hydraulic structures and clogging of ways to them. In addition, the volume of water exchange was negatively affected by the low water discharges of the Dnipro River in recent years. This affected the ecological condition of the lakes, which are intensively overgrown. In addition, water discharges into one of the largest local lakes, namely Konyk, had a negative impact. The indicators of bottom sediments in this lake are given, which testify to its pollution by heavy metals. The typical species of aquatic and air-aquatic vegetation inherent to the lakes on Zhukov Island are characterized. The recommendation, which can improve water exchange in the lakes and their ecological status, are given. It was considered that the nature protection activity in this area can be improved in case of adding the created here landscape reserve to the National Nature Park "Holosiivskyi".

Key words: lake, Zhukov island, overgrowth, water exchange, ecological state.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-257>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/257>

УДК 631.674.5:631.171

ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВНУТРІШНЬОГОСПОДАРСЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ПРИНЦИПАМИ САМОРЕГУЛЮВАННЯ

В.М. Попов¹, докт. техн. наук, М.М. Таргоній², Н.В. Сорока³

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН України, 03022, м. Київ, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-2024-0290>, e-mail: v_popov15@ukr.net;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН України, 03022, м. Київ, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-6200-7633>, e-mail: nick.tar991@ukr.net;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН України, 03022, м. Київ, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-2868-1832>, e-mail: soroka1975@ukr.net

Анотація. Дослідження спрямовані на обґрунтування ефективності принципу саморегулювання на закритих зрошувальних системах (ЗС) з дощувальними машинами (ДМ) із застосуванням басейнів добового регулювання (БДР) та регуляторів тиску «до себе» при їх модернізації. Метою досліджень є зменшення енергоємності водоподачі на зрошення за збільшення коефіцієнтів завантаження насосів (K_{zn}) підкачувальних насосних станцій (ПНС) та розширення площ зрошення при модернізації і реконструкції закритих зрошувальних мереж (ЗМ). Створення саморегулювальних ЗС забезпечує зменшення випадкових збурень у вигляді дискретних змін об'ємних витрат води, створюваних насосними агрегатами (НА) ПНС, що дозволяє мінімізувати непродуктивні скиди води із розподільних каналів при управлінні міжгосподарським водорозподілом. Для обґрунтування ефективності саморегулювання застосовуються результати експериментальних досліджень, проведених у зоні дії розподільного каналу Р-1 з машинною водоподачею Каховської ЗС, що спрямовані на визначення гідравлічних характеристик існуючих ЗС, енергетичних характеристик НА ПНС. Наведено статистичні характеристики процесів водоподачі та електроспоживання на ЗС з ДМ від НС13-Р-1, яка обладнана чотирма НА марки 250QVD570-50 з діаметрами робочих коліс $D_{рк} = 540$ мм і приводними електродвигунами марки 1N435Z-4 потужністю 400 кВт. НС працює на ЗМ з ДМ «Фрегат» та системою краплинного зрошення і обслуговує двох водокористувачів на загальній площі 1036,0 га. Для визначення статистичних характеристик процесів водоподачі та електроспоживання використовуються графіки об'ємів води, перекачаної НС, та графіки електроенергії, що отримані із застосуванням лічильників електропроводобліку «ОРІОН-01», а також графіки планової водоподачі, побудовані за добовими заявками водокористувачів. Наведено логіко-математичну модель оперативного управління водоподачею на саморегулювальній ЗС із застосуванням БДР та регуляторів тиску до «себе». Обґрунтування ефективності управління водоподачею на модернізованій ЗС від НС13-Р-1 проведено із застосуванням математичної моделі. Доведено, що модернізація ЗС дозволяє зменшити енергоємність водоподачі за розширення площі зрошення та збільшення K_{zn} .

Ключові слова: саморегулювання, модернізація, закрита зрошувальна система, басейн добового регулювання, статистичні характеристики, процес водоподачі, насосний агрегат.

Актуальність. Створення саморегулювальних ЗС при їх модернізації і реконструкції із застосуванням БДР спрямоване на збільшення коефіцієнтів завантаження насосів (K_{zn}) підкачувальних насосних станцій (ПНС) та зменшення питомих витрат електроенергії на перекачування води ПНС; збільшення водозабезпеченості та розширення площ зрошення. Саморегулювальні ЗС забезпечують скорочення непродуктивних скидів води з розподільних каналів ЗС за зменшення збурень, створюваних НА ПНС.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основною причиною нераціонального використання води та електроенергії на ЗС є

неузгодженість управління водорозподілом на відкритій міжгосподарській та закритій внутрішньогосподарській зрошувальній мережі [1; 2]. При проектуванні ЗС, для управління процесами водоподачі, водорозподілу та раціонального використання води на полях, передбачають автоматизацію ЗС, яка повинна забезпечувати найбільший техніко-економічний ефект у процесі їхньої експлуатації, максимальну відповідність між водоподачею і водоспоживанням [1].

Управління технологічними процесами водоподачі на ЗС повинно проводитись із застосуванням загальносистемних схем управління «за планом» або «за потребою» [3; 2],

а при реконструкції діючих ЗС, в першу чергу, розглядають варіанти загальносистемного управління технологічними процесами водоподачі «за планом» з застосуванням саморегулювальних ЗС. Для забезпечення саморегулювання використовують БДР витрат води, які облаштовують перед споживачем, включаючи водозабірну споруду з відкритого каналу, або за споживачем із інженерною системою повернення технологічних скидів в зрошувальну мережу. Корисний об'єм БДР визначають за статистичними закономірностями формування технологічних скидів води з розподільних каналів ЗС [4], або за коефіцієнтом використання робочого часу поливної техніки при поливі протягом доби [1].

За результатами енергоаудиту та експериментальних досліджень виявлено марнотратне споживання електроенергії на перекачування води НС–І Каховського магістрального каналу (КМК), зумовлене нетехнологічними скидами води з розподільного каналу Р-1 [5]. Встановлено, що за неузгодженості управління міжгосподарським водорозподілом та управління водоподачею на ЗЗС, що здійснюється за потребою водоспоживачів в межах оперативного плану добових заявок водокористування, об'єм нетехнологічних скидів води через кінцеву скидну споруду на каналі Р-1 складає близько 12% від об'єму води, перекачаної НС–І КМК [5].

Мета дослідження – обґрунтування ефективності модернізації ЗЗС за принципами саморегулювання, із застосуванням на внутрішньогосподарській зрошувальній мережі БДР із регуляторами тиску «до себе» гідравлічної або електричної дії для підвищення ефективності міжгосподарського водорозподілу та управління водоподачею на існуючих ЗС.

Матеріали і методи дослідження. Обґрунтування ефективності модернізації та реконструкції ЗЗС за принципами саморегулювання здійснюється на основі аналізу характеристик випадкових процесів водоподачі та електроспоживання, що отримані при проведенні експериментальних досліджень в зоні дії розподільного каналу Р-1 Каховської ЗС за методикою [6], а також за результатами математичного моделювання процесів управління водоподачею [7].

Для визначення статистичних характеристик процесів водоподачі та електроспоживання використовують графіки об'ємів води, перекачаної НС, та графіки електроенергії, що отримують із застосуванням лічильників електропроводобліку «ОРИОН-01» [8], вста-

новлених на НС, а також графіки планової водоподачі, побудовані за добовими заявками водокористування.

Результати дослідження та їх обговорення. Для зменшення енергоємності водоподачі та розширення площ зрошення запропоновано саморегулювальну ЗЗС з ДМ [9]. Принцип саморегулювання реалізується шляхом використання на ЗЗМ БДР з регулятором тиску «до себе». Регулятор тиску встановлено на допоміжному трубопроводі, що з'єднує розподільний трубопровід ЗЗМ з БДР. З регулювального басейну вода подається до додаткової зрошуваної ділянки самопливно, дизельним НА, а при застосуванні сонячної електростанції – електронасосним агрегатом. Регулятор тиску стабілізує напір у розподільному трубопроводі ЗЗМ, який задають за балансу витрат води на ЗЗС у відповідності з добовою заявкою водокористувача.

При управлінні машинною водоподачею визначають напір за допомогою датчика тиску та об'ємну витрату води за ультразвуковим витратоміром-лічильником на виході з ПНС. За отриманою інформацією визначають відповідність об'ємних витрат води, створюваних НА ПНС, добовій заявці водокористувача.

Логіко-математична модель оперативного управління водоподачею на модернізованій саморегулювальній ЗЗС з БДР має вигляд:

$$f = Q_{НС} \geq \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^n q_i \cap E \geq e_B \sum_{j=1}^n W_j \cap H_K \geq \geq H_p \cap K_{zn} \geq 0,8 \cap W_p \geq \frac{m \cdot S}{T}, \quad (1)$$

де f – технологічна умова; \cap – символ логічного множення; $Q_{НС}$ – загальна продуктивність НС; η – ККД ЗЗМ; q_i – витрати i -ї ДМ; E – план витрат електроенергії на перекачування води НС зрошувальної системи; e_B – загальновиборнича норма питомих витрат електроенергії на перекачування води НС [10]; W_j – об'єм води, перекачаної НС; H_K – напір води в колекторі підкачувальної НС; H_p – розрахунковий напір для забезпечення надійної роботи ДМ на ЗЗМ; K_{zn} – коефіцієнти завантаження насосів; W_p – об'єм регулювальної ємності БДР, тис.м³; S – додаткова площа зрошення, що здійснюється від БДР, га; m – зрошувальна норма, тис м³/га; T – тривалість вегетаційного періоду, діб.

$$\overline{K_{zn}} = \frac{\overline{Q}}{Q_n}, \quad (2)$$

де \overline{Q} – фактичне середнє значення подачі насоса, тис. м³/год; Q_n – паспортне (номінальне) значення подачі насоса, тис. м³/год.

Напір насосів визначають за формулою:

$$H_k = H_r + h_v + H_B, \text{ м} \quad (3)$$

де H_r – геометричний (статичний) напір, який визначають за топографічними умовами території; h_v – динамічний напір визначається гідравлічними втратами напору по довжині трубопроводів та місцевими втратами; H_B – вільний напір на гідранті ДМ.

При модернізації та реконструкції гідравлічні характеристики ЗЗМ отримують за методикою [6]. В разі застосування безтраншейної технології ремонту старих трубопроводів із використанням тонкостінних поліетиленових труб застосовують рекомендації щодо різниці втрат напору в сталевих та поліетиленових трубопроводах [11].

НС13-Р-1 обладнана чотирма НА марки 250QVD 570–50 з діаметрами робочих коліс $D_{рк} = 540$ мм і приводними електродвигунами марки 1N435Z-4 потужністю 400 кВт. НС працює на ЗЗМ із ДМ «Фрегат» та системою краплинного зрошення і обслуговує двох водокористувачів на загальній площі 1036,0 га. Кількість працюючих на ЗЗС ДМ «Фрегат» становить – 14. Схема ЗЗС наведена на рис. 1.

Отримані статистичні характеристики процесів водоподачі свідчать, що фактичні об'єми води, поданої на зрошення, суттєво відрізняються від планових значень, визначених за добовими заявками водокористувачів [5; 12]

Загальний об'єм води, перекачаної НС13-Р-1 за період спостережень із 30.07.09 до 02.09.09, складає 810,37 тис. м³. Плановий об'єм водоподачі за заявками водокористувачів становить 939,6 тис. м³. Середнє добове відхилення об'єму води, перекачаної НС13-Р-1, від планового значення становить: $W_p = 3,92$ тис. м³. Кількість працюючих НА за період спостережень змінювалась від одного до чотирьох.

Гістограми зміни об'ємних витрат води при одночасній роботі трьох і чотирьох НА НС13-Р-1, які побудовано за даними інформаційної системи електроводообліку «Оріон-01», наведено на рис. 2.

Для забезпечення добової заявки водокористувача на полив із застосуванням дванадцяти ДМ «Фрегат» на НС13-Р-1 працює три НА із загальною об'ємною витратою $Q = 960$ л/с (рис. 2а). За поданої заявки, на ЗЗМ повинно працювати дванадцять ДМ «Фрегат». Проте, з ймовірністю $P(Q) = 0,96$ на ній одночасно працює від одинадцяти до дев'яти ДМ, а середнє добове відхилення об'єму води, перекачаної НС13-Р-1, від планового значення становить: $W_p = 4,4$ тис. м³.

За добової заявки водокористувача $Q = 1200$ л/с, тобто на подачу води із застосуванням чотирнадцяти ДМ, на НС13-Р-1 повинно працювати чотири НА (рис. 2б). З ймовірністю $P(Q) = 0,953$ на ЗС працює від 14 до 11 ДМ, а середнє добове відхилення

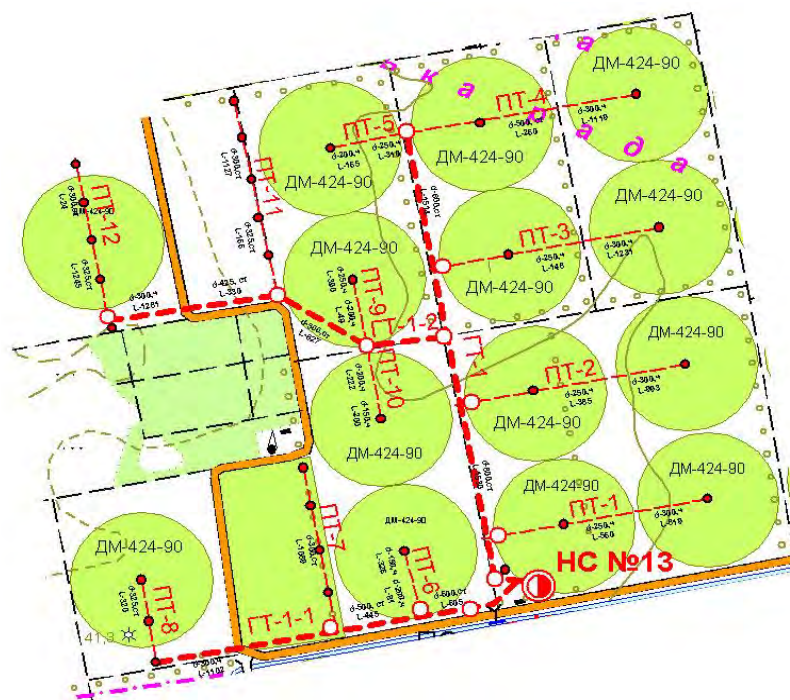


Рис. 1. Схема ЗЗС від НС 13-Р-1

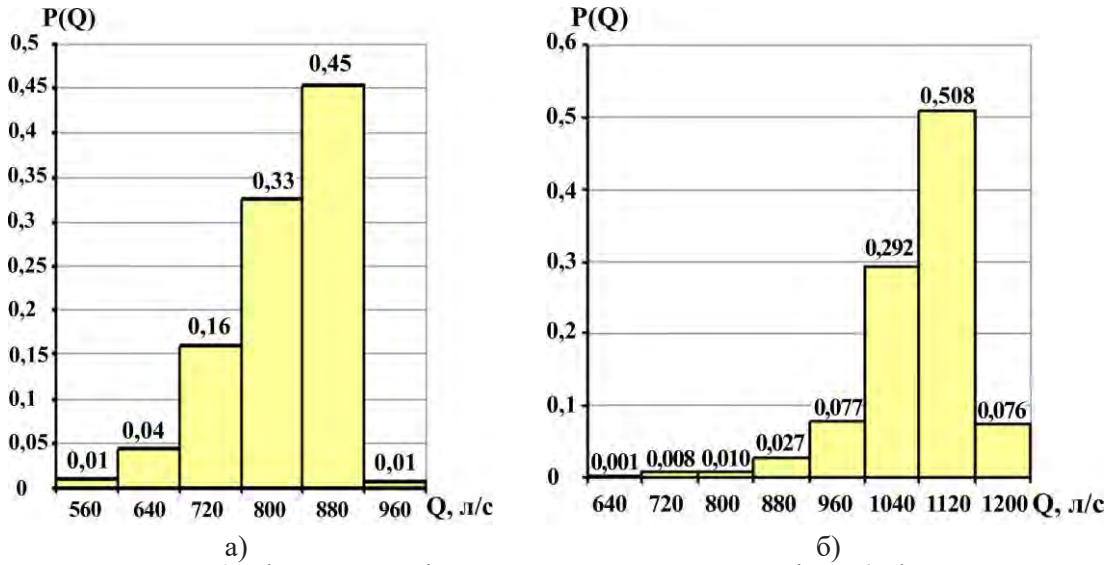


Рис. 2. Гістограми зміни витрат води при одночасній роботі трьох (а) і чотирьох (б) агрегатів на НС13-Р-1

об'єму води, перекачаної НС13-Р-1, від планового значення за заявкою водокористування, складає: $W_p = 10,6$ тис m^3 .

Графіки зміни K_{zn} , залежно від кількості одночасно працюючих НА на НС13Р-1, що отримані через кожні 15 хв. за системою електропроводобліку «ОРІОН-01», представлено на рис. 3. Наведений графік $K_{zn}(t)$ характеризує динамічність процесів машинної водоподачі на існуючих ЗЗС.

Збурення, що виникають на водозаборах ПНС, суттєво ускладнюють управління міжгосподарським водорозподілом, призводять до виникнення скидів води з розподільних

каналів та марнотратного споживання електро-енергії головними водозабірними НС [5].

Для оперативного управління водоподачею на модернізованій ЗЗС з БДР вимірюють напір і витрату води на виході із ПНС, тиск води в розподільному трубопроводі ЗЗМ в місці під'єднання регулятора тиску «до себе», а також рівень води в регульовальному басейні.

Обґрунтування ефективності управління водоподачею на модернізованій ЗЗС з БДР із корисним об'ємом $W_p = 10$ тис m^3 проводять із застосуванням математичної моделі, створеної в середовищі MATLAB/Simulink [7]. При моделюванні параметри

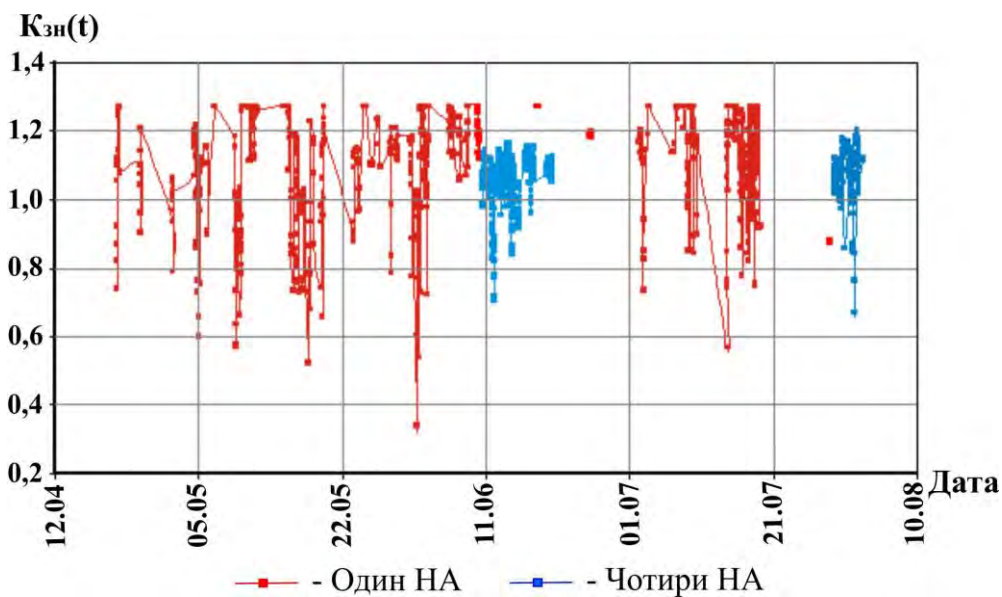


Рис. 3. Графіки зміни K_{zn} , залежно від кількості одночасно працюючих НА марки 250QVD 570–50 на НС13-Р-1

моделі регулятора тиску типу РДУ-200 отримують за його витратно-напірною характеристикою [13]. Модель БДР представляють блоком інтегратора з коефіцієнтом передачі, який змінюється залежно від площі водної поверхні басейну.

Фрагмент математичної моделі кінцевої частини ЗЗМ, до якої під'єднано БДР, наведено на рис. 4.

Основні техніко-енергетичні показники оцінки ефективності існуючого управління водоподачею на ЗЗС від НС 13-Р-1 (варіант 1) та управління водоподачею на саморегульованій ЗЗС (варіант 2) наведено у таблиці 1.

Висновки. Доведена ефективність створення саморегульованих ЗЗС з ДМ із використанням на них БДР з регуляторами тиску «до себе». Модернізація і реконструкція ЗЗС за принципами саморегулювання забезпечує: розширення площ зрошення, зменшення енергоємності водоподачі, узгодження управління водорозподілом на відкритій міжгосподарській та закритій внутрішньогосподарській зрошувальній мережі, що дозволяє мінімізувати нетехнологічні скиди води з розподільних каналів та унеможливити марнотратне витрачання електроенергії на її перекачування головними водозабірними НС.

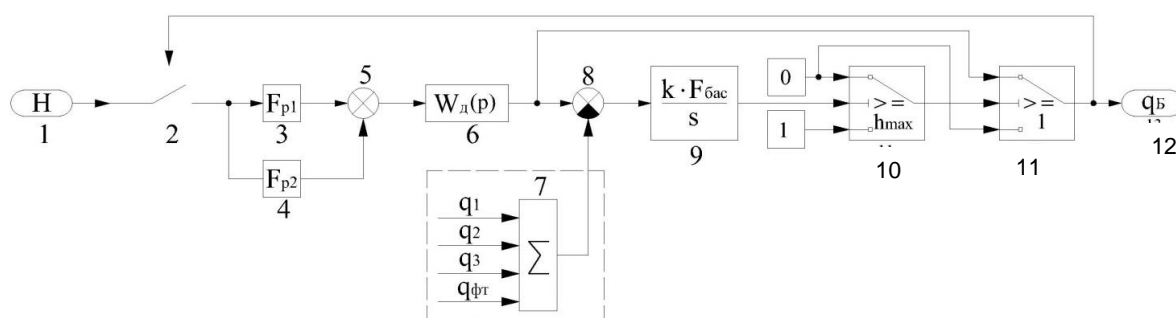


Рис. 4. Фрагмент математичної моделі кінцевої частини ЗЗМ з БДР

1 – вхідний сигнал (напір води в кінцевій частині розподільного трубопроводу, м);
2 – ключ (засувка); 3, 4 – напірні характеристики гідравлічних регуляторів тиску;
5, 7, 8 – суматори; 6 – передавальна функція, що характеризує динаміку зміни тиску в трубопроводі; 9 – модель БДР; 10, 11 – логічні ключі; 12 – вихідний сигнал (витрата води, що надходить до БДР); q_i – об'ємна витрата води поливної техніки на додатковій зрошувальній ділянці; $q_{фт}$ – втрати води на фільтрацію та випаровування з БДР

1. Техніко-енергетичні показники оцінки ефективності управління водоподачею на існуючій та модернізованій ЗЗС

Техніко-енергетичні показники оцінки ефективності управління водоподачею	Управління водоподачею	
	варіант 1	варіант 2
Середньозважений напір на виході із НС, м	94,3	89,7
Об'єм перекачаної води за добу, тис.м ³	63,75	70,84
Добове споживання електроенергії, кВт·год	21290	22187
Площа зрошення, га за $m = 3,5$ тис.м ³ /га	1036	1376
Питомі витрати електроенергії на перекачування води, кВт·год/тис. м ³	333,9	313,2
Питомі витрати електроенергії на зрошення, кВт·год/га	20,55	16,12

Бібліографія

- ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. Київ: Держбуд України, 2000. 199 с. (Державні будівельні норми).
- Коваленко П.И. Автоматизация мелиоративных систем. Москва: Колос, 1983. 304 с.
- особие к СНиП 2.06.03-85. Автоматизация водоподачи и водоотведения на мелиоративных системах. Москва: «СОЮЗВОДПРОЕКТ», 1989. 113 с.
- Коваленко П.И., Михайлов Ю.О. Рациональное использование воды на мелиоративных землях. Київ: Урожай, 1986. 186 с.
- Коваленко П.И., Попов В.М. Управление водорозподільними системами за принципами ресурсо- та енергозаощадження. Київ: Аграрна наука, 2011. 368с.
- Методологія експериментальних досліджень на закритих зрошувальних системах / Попов В.М. та ін. //Вісник НУВГП. 2016 Вип. 4(76): Технічні науки. С. 10–30.

7. Попов В.М., Таргоній М.М. Математична модель автоматизованого управління водоподачею на зрошувальній системі // Вісник НУВГП. 2019. Вип. 3(87). Технічні науки. С. 28–38.
8. Правила експлуатації лічильників багатоканальних для обліку води на насосних станціях за спожитою електроенергією «ОРИОН-01». Київ: Держводгосп України, 2009. 41 с.
9. Зрошувальна система: пат. 120012 Україна. № u 201701190; заявл. 09.02.2017; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20.
10. Попов В.М. Нормування питомих витрат електроенергії на перекачування води насосними станціями. Методичні вказівки: ВНД 33-3.1-08-2004. Київ: Держводгосп України, 2004. 30 с.
11. Коваленко П.І., Гринь Ю. І. Модернізація та реконструкція внутрішньогосподарських зрошувальних систем // Вісник аграрної науки. 2004. Вип.7. С.53–56.
12. Попов В.М. Характеристики випадкового процесу водоподачі у зрошенні // Вісник аграрної науки. 2002. Вип. 8. С. 55–58.
13. Правила применения регулирующей и предохранительной арматуры мембранного типа при проектировании закрытых оросительных систем. Киев: Министерство мелиорации и водного хозяйства УССР, 1984. 66 с.

References

1. Melioratyvni systemy ta sporudy. [Reclamation systems and structures]. (2000). DBN V.2.4-1-99. State Building Standards of Ukraine. Kyiv: Derzhbud Ukrainy. [in Ukrainian]
2. Kovalenko, P.Y. (1983). Avtomatyzatsyya melyoratyvnykh system. [Automation of reclamation systems]. Moskva: Kolos. [in Ukrainian]
3. Avtomatyzatsyya vodopodachy y vodootvedenyaya na melyoratyvnykh systemakh. [Automation of water supply and drainage on reclamation systems]. (1989). Posobyе k SNyP 2.06.03-85. Moskva: «SOYUZVODPROEKT».
4. Kovalenko, P.I., & Mykhaylov, Y.O. (1986). Ratsionalne vykorystannya vody na melioratyvnykh zemlyakh. [Rational use of water in reclamation lands]. Kyiv: Urozhay. [in Ukrainian]
5. Kovalenko, P.I., & Popov, V.M. (2011). Upravlinnya vodorozpodilnymy systemamy za pryntsypany resurso- ta enerhozaoshchadzhennya. [Management of water distribution systems on the principles of resource and energy saving]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
6. Popov, V.M., Vnukova, K.V., Tarhoniyy, M.M., Soroka, N.V., & Shlikhta, V.V. Metodolohiya eksperymentalnykh doslidzhen na zakrytykh zroshuvalnykh systemakh (2016). [Methodology of experimental studies on closed irrigation systems]. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya, 4(76), 10–30. [in Ukrainian]
7. Popov, V.M. & Tarhoniyy, M.M. (2019). Matematychna model avtomatyzovanoho upravlinnya vodopodacheyu na zroshuvalniy systemi [Mathematical Model of Automated Water Supply Management on Irrigation System]. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya, 3(87), 28–38. [in Ukrainian]
8. Pravyla ekspluatatsiyi lichylnykiv bahatokanalnykh dlya obliku vody na nasosnykh stantsiyakh za spozhytoyu elektroenerhiyeyu “ORION-01” [Rules of operation of multichannel meters for metering of water at pumping stations for consumed electricity “ORION-01”]. (2009). Kyiv: Derzhvodhosp Ukrayiny. [in Ukrainian]
9. Popov, V.M., Tarhoniyy, M.M. (2017). Zroshuvalna systema [Irrigation system]. Patent of Ukraine. №120012. [in Ukrainian]
10. Popov, V.M. (2004). Normuvannya pytomoyi elektroenerhiyi na perevedenni vodyanykh nasosnykh stantsiy. [Normalization of specific costs of electricity for pumping water by pumping stations]. Metodychni vказivky: VND 33-3.1-08-2004. Kyiv: Derzhvodhosp Ukrayiny. [in Ukrainian]
11. Kovalenko, P.I., & Hryn, Y.I. (2004). Modernizatsiya ta rekonstruktsiya vnutrishnobudivnykh system ekonomiky [Modernization and Reconstruction of Domestic Irrigation Systems]. Visnyk ahrarnoyi nauky, 7, 53–56. [in Ukrainian]
12. Popov, V.M. (2002). Kharakterystyky toho samoho protsesu vodopodachy y zrosheni [Characteristics of a random irrigation water supply process]. Visnyk ahrarnoyi nauky, 8, 55–58. [in Ukrainian]
13. Pravyla priminenia rehulyovalnoyi i predokhranytelnoyi armatury membrannogo tipa pri proekirotvannii zakrytykh orositelnykh system. [Rules of application of regulating and safety armature of membrane type in the design of closed irrigation systems]. (1984). Kyiv: Mnisterstvo melioratsiyi i vodnogo khozyaystva USSR. [in Russian]

В.Н. Попов, Н.Н. Таргоний, Н.В. Сорока

Эффективность модернизации внутрихозяйственной оросительной сети по принципу саморегулирования

Аннотация. Исследования направлены на обоснование эффективности принципа саморегулирования на закрытых оросительных системах (ЗОС) с дождевальными машинами (ДМ) с применением бассейнов суточного регулирования (БСР) и регуляторов давления «до себя» при их модернизации. Создание саморегулируемых ЗОС обеспечивает уменьшение случайных возмущений в виде дискретных изменений объемного расхода воды, создаваемого насосными агрегатами (НА) ПНС, что позволяет минимизировать непроизводительные сбросы воды с распределительных каналов при управлении межхозяйственным водораспределением. Для обоснования эффективности саморегулирования применяются результаты экспериментальных исследований, проведенных в зоне действия распределительного канала Р-1 с машинной водоподачей Каховской ОС, направленные на определение гидравлических характеристик существующих ЗОС, энергетических характеристик НА ПНС. Приведены статистические характеристики процессов водоподачи и электропотребления на ЗОС с ДМ от НС13-Р-1, которая оборудована четырьмя НА марки 250QVD570-50 с диаметрами рабочих колес $D_{рк} = 540$ мм и приводными электродвигателями марки 1N435Z-4 мощностью 400 кВт. НС работает на ЗОС с ДМ «Фрегат» и системой капельного орошения на общей площади 1036,0 га. Для определения статистических характеристик процессов водоподачи и электропотребления используются графики объемов воды, перекачанной НС, и графики электроэнергии, полученные с применением счетчиков электроводоучета «ОРИОН-01», а также графики водоподачи, построенные по суточным заявкам водопользования. Представлена логико-математическая модель оперативного управления водоподачей на саморегулируемых ЗОС с применением БДД и регуляторов давления до «себя». Обоснование эффективности управления водоподачей на модернизированной ЗОС проведено с применением математической модели. Доказано, что модернизация ЗОС позволяет уменьшить энергоемкость водоподачи путем расширения площади орошения и увеличения $K_{зн}$.

Ключевые слова: саморегулирование, модернизация, закрытая оросительная система, бассейн суточного регулирования, статистические характеристики, водоподача, насосный агрегат.

V.M. Popov, M.M. Targoniya, N.V. Soroka

The efficiency of modernization of the on-farm irrigation network based on the principle of self-regulation

Abstract. The research is aimed at substantiating the effectiveness of the principle of self-regulation on closed irrigation systems (CIS) with sprinkling machine (SM) with the use of daily regulation pools (DRP) and “pull” pressure regulators when modernizing them. The aim of the research is to reduce the energy intensity of water supply for irrigation by increasing pump load rates (PLR) of pumping stations (PS) and expanding the area of irrigation when modernizing and reconstructing closed irrigation networks (CIS). The construction of self-regulating CIS reduces accidental disturbances in the form of discrete changes in volumetric water flow rates generated by pumping units (PU) of PS, which minimizes unproductive discharges of water from distribution canals when performing inter-farm water distribution. To substantiate the effectiveness of self-regulation, the results of experimental studies conducted in the operating area of the distribution canal R-1 with machine water supply of Kakhovska Irrigation System, aimed at determining the hydraulic characteristics of existing CIS, energy characteristics of PU of PS. Statistical characteristics of water supply and power consumption processes on CIS equipped with SM from the PS13-R-1, which is equipped with four PU of 250QVD570-50 brand with diameters of rotor wheels $D_{rw} = 540$ mm and drive motors of 1N435Z-4 brand with a capacity of 400 kW. PS operates on the CIS equipped with SM “Frigate” and drip irrigation system and serves two water users on a total area of 1036, 0 hectares. To determine the statistical characteristics of the processes of water supply and power consumption, the graphs of pumped water volumes and the graphs of electricity obtained using electricity meters “ORION-01”, as well as the graphs of planned water supply, built on daily applications for water use, are used. The logical-mathematical model of operative control of water supply on self-regulating CIS with application of DRP and “pull” pressure regulators is given. The substantiation of the efficiency of water supply management on the modernized CIS from PS13-R-1 was carried out using a mathematical model. It was proved that the modernization of the CIS enables to reduce the energy consumption of water supply by expanding the irrigation area and increasing PLR.

Key words: self-regulation, modernization, closed irrigation system, daily regulation pool, statistical characteristics, water supply process, pump unit.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-258>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/258>

УДК 628.1

ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

А.П. Левчук¹, інж., В.І. Максін², док. хім. наук

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-5127-0110> ; e-mail: andriylevchuk@ukr.net;

² Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-8903-6744> ; e-mail: vimaksin@ukr.net

Анотація. В умовах водоспоживання з нецентралізованих систем водопостачання виникає низка проблемних аспектів, які негативно впливають на якість води, особливо питного водозабезпечення, а саме: відсутність сучасних методів контролю та комплексних систем очищення води, кваліфікованого обслуговуючого персоналу, тривала логістика доставки комплектуючих та реагентів, великі відстані до кінцевого водоспоживача, неможливість своєчасно відреагувати на потребу перевірки контролюючого лабораторного устаткування та несправність блоків тощо. Непередбачувані природні чи техногенні фактори ще більше ускладнюють перераховані аспекти. Усе це та постійна зміна до вимог якості води, її складових та технологічних процесів, обумовлює пошук нових сучасних підходів до вирішення проблем та питань відцентралізованого питного водопостачання. Тому в цій роботі проаналізовано сучасний досвід розробки малих автономних систем очищення води для потреб питного водопостачання, які не потребують постійної присутності оператора і лабораторного контролю якості води та можуть функціонувати автоматично в складних умовах; наведено обґрунтування технологічно-конструктивного рішення будови та опис роботи зразка адаптивної системи очищення води з використанням адаптивного підходу до конструкції загалом, окремих блоків, вузлів та до джерела живлення електролітичних процесів – із наданням йому адаптивних властивостей для використання в сучасних умовах питної водопідготовки. Адаптивна функція нейтралізації прояву небезпечних біологічних агентів та ефективність роботи системи розрахована на можливість виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, на можливість дезінфекції води від бактерій та вірусів. За головний контрольючий параметр якості води вибрано рН. В системі використано ефективний процес синтезу електролітичними методами коагулянту, дезінфектанту та деструктивного впливу на небезпечні біологічні агенти – імпульсний струм зі зміною параметрів та форми. В умовах зміни рН робочого розчину параметри імпульсного струму навантаження змінюються адаптивним джерелом живлення на найефективніші. Запропонований підхід та зразок системи є ефективним та надає їй превентивно-профілактичних можливостей і пропонується як варіант удосконалення існуючих систем очищення води для питного водозабезпечення.

Ключові слова: питне водозабезпечення, очищення води, підготовка води, рН води, знезараження води, дезінфектант, небезпечний біологічний агент, гіпохлорит натрію, коагулянт, адаптивне джерело живлення, імпульсний електроліз, форма струму, адаптація.

Актуальність дослідження. Умови питного водопостачання, що склалися в сільських населених пунктах, їх окремих частинах та в нових збудованих житлових масивах у приміській зоні великих міст, в яких відсутні система централізованого питного водопостачання та водовідведення, вимагають невідкладних заходів з їх вирішення. В реальних умовах спостерігається забруднення стічними водами водоносних горизонтів, з яких відбувається забір води для питного водопостачання. Враховуючи сучасні вимоги до очищення та підготовки води, які закладені в нових ДСанПіН 2.2.4-171-10, що передбачають у пункті 5.6 її додаткове знезараження,

а також наявну епідеміологічну ситуацію з вірусами, що можуть передаватися через воду, назріла необхідність розробки нової концепції технологічного підходу до водопідготовки. Це буде гарантувати якість очищення води відповідно до нових вимог, яке може бути максимально автоматизованим та не вимагати постійної присутності людини-оператора. До того ж така концепція має бути наділена превентивними властивостями очищення та дезінфекційного впливу на відомі та невідомі забруднювачі, при цьому вона також має бути енергоефективною. Нова концепція необхідна не тільки для великих систем централізованого водопостачання, де можливий повноцінний

контроль якості води та додатковий технологічний апгрейд, а особливо важливою та актуальною вона стає для систем децентралізованого водопостачання з мінімальною можливістю контролю параметрів як самого технологічного процесу, так і контролю параметрів якості води. Одними з прямих споживачів нових підходів [1–6], які треба закласти до очищення та підготовки води відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4–171–10, є сільськогосподарські житлові комплекси.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Запропоновані рішення для очищення та підготовки води, які нині є перспективними [7–10], мають низку суттєвих недоліків, що є критичними для систем питної водопідготовки в умовах сучасних викликів. Основними з них є:

- монотехнологічність головного методу впливу – зворотній осмос, чи системи з використанням тільки електролітичних методів впливу, електролізер з розчинним анодом чи, навпаки, тільки з нерозчинним анодом;

- технологічна та гідравлічна обмеженість, що виключає рециркуляційний технологічний підхід, як в окремих вузлах, так і загалом;

- технологічна обмеженість, можливість використання або синтезу тільки одного коагулянту чи одного дезінфектанту, що значно звужує технологічні можливості очищення води, причём ця обмеженість ускладнюється різними оптимальними умовами використання, які часто є взаємовиключними;

- відсутність найменших адаптивних можливостей як в цілому, так і в окремих технологічних вузлах, що робить систему неспроможною гнучко реагувати на зміни якості вхідної води та відповідати сучасним вимогам регламентуючих нормативів до питної води.

Постановка задачі. Враховуючи попередні наукові напрацювання та бачення перспективних технологічно-конструктивних рішень систем очищення води, необхідно сформулювати технологічне рішення та реалізувати всі напрацювання в робочому зразку адаптивної системи очищення води (АСОВ) та дослідити його ефективність у роботі, можливий технологічний функціонал та енергоефективність.

Мета досліджень – провести теоретичні дослідження, їх аналіз та розробити енергоефективну систему очищення води з реалізацією адаптивного підходу до самої концепції комплексу технологічних впливів, використаних вузлів та блоків, які відповідають реальній мінливості змін параметрів вхідної

води та відповідним до цього експлуатаційним умовам. Для системи продуктивністю очищення води $Q < 3\text{ м}^3$ на добу: як системи з оптимальною продуктивністю для відпрацювання гідравлічно-технологічних параметрів та аналізу параметрів води з відповідністю до норм водоспоживання на сім'ю з чотирьох осіб; як системи очищення та доочищення води з джерел поверхневого та підземного водопостачання.

Враховуючи принципи адаптивного підходу до побудови систем очищення та підготовки води, які були описані в статтях [11–13], заплановано провести перевірку роботи АСОВ та її технологічних прийомів в реальному зразку системи. За основу технологічно-конструктивного рішення цієї АСОВ було взято ідею розробки системи очищення води для приватних будинків чи для невеликих об'ємів водоспоживання. Порівняно з рішеннями аналогів нова система має вирішувати два головних завдання: гарантоване за будь-яких умов знезараження органічних забруднювачів та небезпечних біологічних агентів; вилучення тяжких металів і колоїдів, яке досягається комплексним технологічно-конструктивним поєднанням способів впливу на робочий розчин. Під небезпечними біологічними агентами розуміється: мікроорганізми, віруси, клітини і органічні тканини людини, тварин, їх компоненти, які є чи потрапляють у природне середовище і обумовлюють його деструктивний вплив на людину. Біологічно небезпечні агенти відрізняються своїм впливом на здоров'я й здатністю до поширення. Згідно з класифікацією ВООЗ усі небезпечні біологічні організми, з якими працюють у лабораторних умовах, поділяють на чотири групи ризику залежно від патогенності й здатності поширюватися. Характерно, що передаватися від людини до людини ці біологічні агенти можуть різними шляхами. Не меншу небезпеку становлять середовища, обладнання й посуд, які використовувалися для роботи з такими агентами, а також вода й повітря, до яких вони могли потрапити. Ці об'єкти підлягають спеціальним очищенням й дезінфекції.

Матеріали та методика досліджень. Предметом дослідження є запропонований технологічний процес роботи АСОВ для очищення води, який використовує принципи адаптивного підходу, що також закладається в технологічні вузли та блоки системи, їх режими роботи та в джерела живлення електролітичних вузлів, та впливає на специфіку прояву цих процесів, на енергоефективність та роботу системи загалом.

Попередніми дослідженнями було підтверджено ефективність запропонованих методів [14].

Обґрунтовано напрям технічного удосконалення систем живлення електролізних процесів очищення води через контроль параметра рН – як одного з головних, що може бути використаний для автоматизації адаптивності джерела живлення.

Досліджено вплив частоти імпульсного струму для прямокутно-імпульсних режимів на процес електросинтезу гіпохлориту натрію. Показано, що найбільша інтенсифікація процесу досягається за частоти 1,5 Гц. Виявлено селективний вплив рН розчину на продуктивність процесу електросинтезу гіпохлориту натрію при певній формі імпульсу струму. Враховуючи попередні результати дослідів, прийшли до висновку, що розробка системи очищення води на засадах превентивно-профілактичної адаптації технологічних процесів та автоматичної оптимізації вибору параметрів імпульсно-струмових режимів електролізу, через головний фактор – форми імпульсу струму, яка використовує за визначаючий параметр рН, є перспективною.

В роботі [15] досліджено вплив форми імпульсу та режиму електролізу на величину питомих витрат електроенергії. Досліди виявили, що найбільш енергоефективними є режими з трикутною формою імпульсу і паузами, тривалість паузи і імпульсу однакові. У кислому середовищі найбільш ефективним є режим зі зворотним фронтом падіння струму, а в лужному, навпаки, з прямим фронтом зростання. Застосування оптимальних параметрів струму надасть системі превентивних властивостей і дозволить зменшити питомі витрати електроенергії до 50%, порівняно зі стаціонарним електролізом.

Нова система АСОВ буде включати головні електролізні технологічні прийоми у вигляді адаптивних підконтурів: підконтур коагуляційного синтезу одного чи декількох видів коагулянтів, підконтур розчинення сировини для синтезу дезінфектанту/дезінфектантів, підконтур прямого синтезу дезінфектанту/дезінфектантів та деструкції у всьому потоці, підконтур реакційного формування коагуляційних центрів та інтенсифікації отримання дезінфектанту/ів; та адаптивний підконтур фільтрації. В систему встановлено блок гідродинамічної кавітації, який нагріває воду, та можливе регулювання до потрібних параметрів. Також інтегровано систему штучного закаламучування. Зрештою це призводить до гарантованого очищення води та вирішує

головні задачі для питань питної водопідготовки: знезараження органічних небезпечних агентів, нейтралізації бактерій, деструкції токсинів і пестицидів. Причому система гарантовано не допускає «проскоку» біонебезпечних агентів, токсинів, пестицидів тощо та надлишкових небезпечних концентрацій речовин до споживачів, що гарантує якість води в широкому спектрі показників.

Технологічна особливість системи полягає в тому, що вона наділена максимально великим спектром методів впливу, поєднаних в синергічне рішення. Вони впливають на воду та речовини, органіку, які знаходяться в завислому, колоїдному стані чи в розчиненому. При використанні цих методів впливу особливу увагу слід приділяти екологічно-природньому та оздоровчому фактору впливу на воду, щоб не породити, синтезувати непередбачуваних токсинів та речовин, які неможливо ідентифікувати та виділити з потоку. Ця проблема притаманна методам електроерозійного синтезу коагулянтів, які утворюють наноречовини. Вони ефективні, але використовувати їх для питного водозабезпечення небезпечно. Запропонована система та зразок використовує параметри електролізних перетворень, що є притаманними природнім процесам. Якщо якість обробки води не досягнута за один прямий прохід через підконтур, блок, елемент чи всю систему, то проходить повернення всього об'єму на повторну обробку, поки запланований результат та якість не будуть досягнуті.

Для гарантування процесу знезараження біонебезпечних агентів, деструкції токсинів та очищення надлишкових концентрацій речовин з одночасним зменшенням витрат електроенергії в технологічно-конструктивній схемі нової системи будемо використовувати адаптивні джерела живлення електролізних процесів, які надають адаптивність налаштування параметрів імпульсного електролізу всіх елементів електролізного впливу, застосовуючи як низькочастотний, так і комбінацію з високочастотними вставками в імпульсі. Обґрунтування впливу форми струму та застосування низькочастотних імпульсів доведено дослідженнями [14; 15], а для розширення спектра їх дії при деструкції та знезараженні пропонується наділити їх високочастотними елементними вставками в загальному низькочастотному сигналі імпульсного струму.

Результати досліджень. У результаті попередніх дослідів та накопиченого досвіду розроблено та реалізовано в зразку концептуальну технологічну схему АСОВ

з використанням електролізних процесів впливу та адаптивного джерела живлення імпульсного струму навантаження, яка зображена на рис. 1.

Розроблений зразок експериментального прототипу АСОВ із блоком подачі модельного розчину представлений на рисунку 2.

Елементи конструктивного рішення фільтрувального блоку АСОВ представлені на рисунку 3.

Елементи конструктивного рішення електролізного блоку АСОВ представлені на рисунку 4.

Функціонує АСОВ таким чином: регламентовано оцінюємо водний розчин із джерела водопостачання на якість блоком 3, якщо вода повинна пройти очищення та підготовку вона перенаправляється в АСОВ 31, якщо вода має мінімальні перевищення надлишкових концентрацій (Fe, Mg тощо), то вона перенаправляється вентилем вибору загальної технології очищення 7 на спрощену технологічну послідовність і комбінацію впливів відразу в блок 18. Якщо вода потребує більш глибокого очищення та підготовки, обробки дезінфектантами, то потрібна деструкція біонебезпечних агентів,

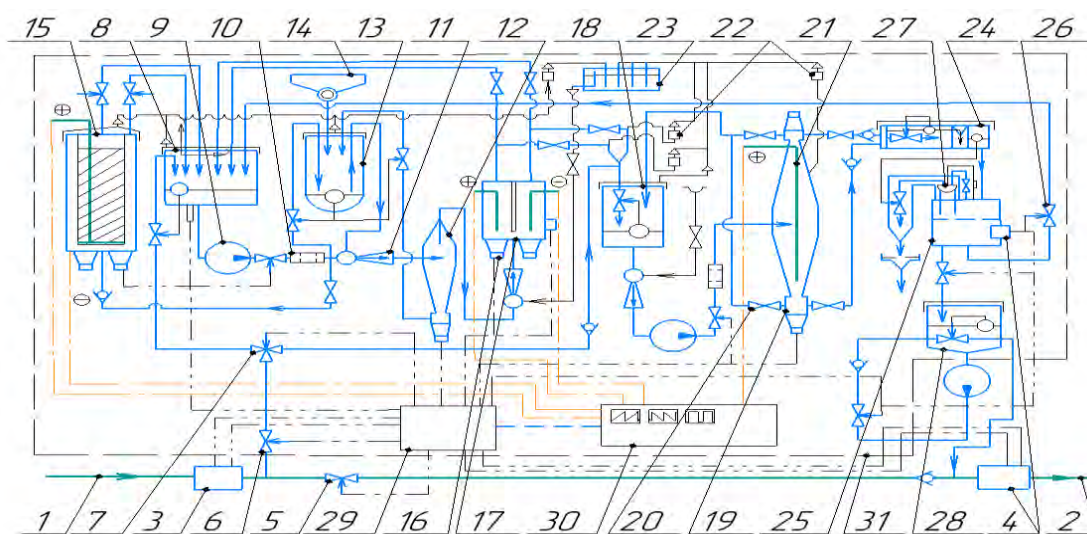


Рис. 1. Принципова функціонально-технологічна та загальна гідравлічна схема АСОВ:
 1 – вхідний патрубок від джерела водопостачання; 2 – вихідний патрубок до водоспоживача;
 3 – перший блок контролю параметрів та складу водного розчину; 4 – вихідні блоки взаємної калібровки та контролю параметрів та складу водного розчину; 5 – вентиль перенаправлення водного розчину на АСОВ; 6 – вентиль подачі води в АСОВ; 7 – вентиль вибору загальної технології очищення; 8 – блок узгодження подачі водного розчину в АСОВ; 9 – робочі насоси АСОВ; 10 – гідродинамічний кавітаційний нагрівач; 11 – інжектор; 12 – гідроциклон розчинення; 13 – бак вузла розчинення; 14 – ємність із дозуючим пристроєм; 15 – електролізер із розчинним анодом; 16 – акустичний ультразвуковий випромінювач; 17 – мембранний електролізер із нерозчинними електродами; 18 – внутрішній блок узгодження подачі водного розчину; 19 – група електролізних двосторонніх турбогідроциклонів; 20 – вентиль балансу води; 21 – нерозчинний анод; 22 – повітроспускник; 23 – газовий затвор гідрозамок; 24 – контролер подачі води на фільтр та промивки; 25 – фільтр із плаваючим завантаженням; 26 – вентиль патрубку рециркуляції; 27 – комбінований мембранний клапан промивки фільтра; 28 – блок узгодження подачі водного розчину водоспоживачу; 29 – блок інтелектуального керування з ультразвуковими генераторами; 30 – адаптивне джерело живлення електролізерів; 31 – система АСОВ

На приведених вище схемах використані такі позначення:

- водопровідна мережа
- гідравлічна схема та вузли
- - - контур керування джерелом живлення
- - - лінії передачі параметрів блоків контролю
- - - узагальнююча зона системи
- газоповітряні магістралі
- мережа живлення електролізеру

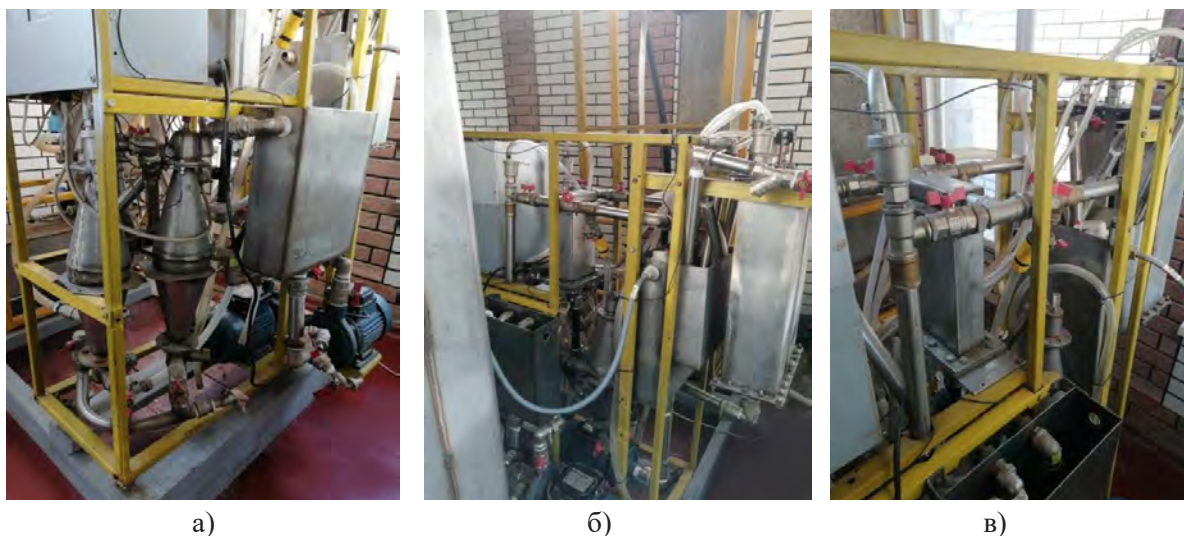


Рис. 4. Зовнішній вигляд електролізного блока системи АСОВ та його елементів:
 а – електролізер із розчинним анодом;
 б – електролізер із нерозчинним анодом та повітроріпускниками;
 в – група електролізних двосторонніх турбогідроциклонів із повітроріпускниками

суміші та розчин осаду фільтра, що є перспективним рішенням. Далі, не до кінця розчинена суміш реагуючої речовини (NaCl) із водою, відсмоктується першим інжектором 11, який направляє суміш з основним потоком у гідроциклон розчинення 12, на якому встановлено ультразвуковий випромінювач. Потім якісно розчинена суміш подається в другий інжектор, а нерозчинена суміш знову повертається в пристрій узгодження розчинення 13. Далі головний потік води розчиною сумішшю реагуючої речовини (NaCl) подається в електролізер із нерозчинним анодом 17, на якому встановлені ультразвукові випромінювачі, де проходить обробка акустичним впливом, електрохімічне перетворення речовин, синтез дезінфектантів та виділення газів. Методологія управління джерелом живлення електродів описана в літературі [11].

Залежно від якості вхідної води та завдань вона може подаватися також на електролізер із розчинним анодом 15, на якому встановлені ультразвукові випромінювачі. Після проходження електролізера 17, рН води може бути скореговане вентилями; далі вода потрапляє знову в блок 8, або у внутрішній блок узгодження подачі водного розчину 18, як головний варіант. Цей блок може бути обладнано джерелом ультрафіолетового світла. Далі вода потрапляє в групу електролізних двосторонніх турбогідроциклонів 19, в яких встановлені нерозчинні аноди 12. В блоці 19 проходить додаткове розділення води на фракції за щільністю та відбувається інтенсифікація реакцій окиснення речовин, вони

є головним вузлом утворення центрів коагуляції та їх укрупнення, а також реакційним блоком утворення гіпохлориту натрію чи інших дезінфектантів та реактором, в якому задається час на реакції та перетворення. З групи гідроциклонів 19 вода у відповідних пропорціях через вентилі 20 подається в необхідні блоки.

Одним із головних інноваційних рішень технології є встановлені на групі 19 повітроріпускники 22, які дозволяють відвести гази, які не встигли прореагувати, розчинитись чи відокремитись у комбінований газовий затвор гідрозамок 23, з якого гази повторно повертаються інжектуванням знову в блок 17. Це кардинально змінює КПД синтезу дезінфектантів та вирішує питання безпечності технології АСОВ. В головному варіанті вода з 19 подається в контролер подачі води на фільтр та промивки 24, який контролює оптимальну кількість подачі води на фільтр дозуючим вентилям через V-подібний перелив та при збільшенні гідравлічного опору фільтра, на встановленому рівні, подає команду на промивку фільтра з плаваючим завантаженням 25, через вбудований у блок 24 поплавок зриву вакууму, що напряму під'єднаний до вентиля зриву вакууму, відкриття якого призводить до опускання комбінованого мембранного клапану промивки фільтра 27, при цьому відкриваючи патрубок промивки, що призводить до гідродару та промивки фільтра 25. На відповідному рівні промивки влаштований в блок 27 контр-поплавок закриває вентиль зриву вакууму, і система приходить у робочий

стан, 27 наповнюється водою, піднімається і закриває своїм шаром мембрани патрубков промивки, починається утримання водного стовпа у фільтрі 25, і фільтр переходить у свій головний режим роботи – фільтрацію. Причому, у фільтр 25 влаштовано блок взаємного калібрування та контролю параметрів та складу водного розчину 4. Якщо якість води не досягла заданих параметрів, то вона повертається на повторну обробку через вентиль патрубку рециркуляції 26. Коли якість води відповідає заданим параметрам, вона подається в блок узгодження подачі водного розчину водоспоживачу 28, з нього вода подається кінцевому водоспоживачу в патрубок 2.

Запропонована система АСОВ є інноваційним науково-технологічним рішенням з гарантованим ефектом роботи. Особливістю роботи АСОВ є превентивний енергоефективний адаптивний широкий комплекс технологічних впливів та ефективність роботи з безпечним технологічним процесом.

Тобто, в запропонованій системі можливий синтез не одного виду коагулянту, а декількох, як послідовно, так і паралельно. Даний принцип закладений також і до електротехнологічного методу синтезу дезінфектантів.

Використання імпульсного струму навантаження з комбінованою формою імпульсного струму, який оптимізується залежно від задач та рН вхідного водного розчину та в якому можлива комбінація низькочастотної, загальної, форми зі вставкою високочастотної дільниці, суттєво зменшує енергозатрати на самі електролізні процеси, деструктивно впливає на біонебезпечні агенти, інтенсифікує електрохімічні реакції, впливає на поверхневу напруженість води і є важливим чинником покращення ефективності технологічних впливів та значно зменшує концентрації хлоридів чи інших варіацій дезінфектантів, які синтезуються електролізними методами.

При цьому немає виділення небезпечних газових сумішей в повітря робочої зони системи, вони відбираються в газовий затвор гідрозамок, що є проміжним сховищем газів, а з нього повторно інжектуються в технологічний цикл системи. Це додатково інтенсифікує процес деструкційного впливу і виступає як додатковий процес покращення енергоефективності отримання дезінфектанту/дезінфектантів чи/та коагулянту/коагулянтів. Попередні розрахунки показують, що споживана електрична потужність системи в мінімальному режимі обробки – 0,85 кВт/год. При повному спектрі задіяних блоків впливу

та насосів, джерела живлення електролізерів, генераторів ультразвуку та системи управління, вона становить – 1,9 кВт/год. В такому випадку на виході з системи маємо очищену та підготовлену воду, яка відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10, причому можливі індивідуальні налаштування відповідно до потреб водокористувача.

Висновки. Проведений в попередніх роботах теоретичний аналіз, попередні лабораторні дослідження дозволили сформулювати принцип побудови та концепцію АСОВ, яка і була реалізована в готовому зразку.

За результатами лабораторних досліджень теоретично обґрунтовано ефективність роботи запропонованого процесу, який реалізований в зразку системи очищення води, для подальшого відпрацювання оптимального технологічного процесу очищення води з джерела водопостачання з різноманітними забруднювачами для конкретних умов питного водопостачання.

Доведено доцільність та головний принцип побудови систем очищення води – незалежно від технологічного рішення система повинна набути адаптивних властивостей як в цілому, так і в кожному окремому технологічному вузлові чи блоці.

Обґрунтовано в попередніх дослідженнях доцільність реалізації адаптивного джерела живлення зі зміною форми імпульсного струму, допрацьовано та запропоновано комбінацію складових частот, які адаптуються під показники параметрів води на вході в АСОВ.

Вперше запропоновано та інтегровано в систему очищення води блок гідродинамічної обробки з нагрівом води, підконтур розчинення речовин та закаламучування, підконтур із можливістю корекції рН та одночасного синтезу дезінфектантів, встановлено повітроспускники на гідроциклони, описано роботу нового способу промивки фільтра з плаваючим навантаженням, а також окремо виділено в підконтур синтезу коагулянту.

Запропонована система АСОВ найбільш ефективно може використовуватися в системах замкненого водопостачання невеликих житлових комплексів, закладів освіти, дитячих садків, медичних закладів та окремих адміністративних будинків, які вимагають більш високих та гарантованих вимог до якості питної води в умовах наявності неспецифічних забруднювачів, небезпечних біологічних агентів та збудників інфекційних хвороб.

Бібліографія

1. Гончаров Ф.І., Левчук А.П. Обґрунтування заходів та засобів підвищення ефективності та енергоефективності вирішення питань біобезпеки водозабезпечення. // Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК: тези допов. міжнар. наук.-техн. конф. 16-17 жовтня 2014 р. Київ. НУБіП України, 2014. С. 67–69.
2. Карамби́ров Н.А. Сельскохозяйственное водоснабжение. Москва. Агропромиздат, 1986. 352 с.
3. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды. // Химия и технология воды. Вип. 20(2). 1998. С. 190–207.
4. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод. Москва. 1987. 240 с.
5. Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука, 2008. 534 с.
6. Запольский А.К. Очистка воды коагулированием. Каменец-Подольский: ЧП «Медоборы-2006», 2011. 296 с.
7. Штепа В.М., Кот Р.Є. Пат. 120530 UA, Україна, МПК 02F 9/06 (2006.01), F04D 15/00, F04D 13/06 (2006.01) Автоматична насосна станція / заявники і 36 власники В.М. Штепа, Р.Є. Кот – № u201703999; заявл. 24.04.2017; опубл. 10.11.2017. Бюл. № 21. 8 с.
8. Левчук А.П. Пат. 78396 UA, Україна, МКП F04 D15/00. Автоматична насосна станція / заявники і 36 власники А.П. Левчук - № a200504962; заявл. 25.05.2005; опубл. 15.03.2007. Бюл. № 3.
9. Сапрыкина М.Н. Новая разработка аппарата электрокоагуляционной очистки воды от микромицетов. // Химия и технология воды. Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского, т. 34, 2012. №5
10. Современные технологии очистки воды.// Гончарук В.В та ін./ Наука та інновации. Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского, т. 2, 2006. № 5. С. 66–77.
11. Гончаров Ф.І., Левчук А.П. Обґрунтування енергоефективного способу управління джерелом живлення електролізних систем очищення водних розчинів. // Науковий вісник НУБіП України. 2015. №209, ч. 1. С. 235–239.
12. Левчук А.П. Адаптивна система знезараження води.// Науковий вісник НУБіП України. 2016. №252. С. 158–165.
13. Левчук А.П., Максін В.І. Апробація гідравлічної рециркуляції та струму навантаження в прототипі адаптивної системі знезараження води. // Тези допов. міжнар. наук.-техн. конф. 27–28 грудня 2017 р. Польща, м. Родим: radom academy of economics, 2017. С. 188–190.
14. Левчук А.П. Обґрунтування енергоефективного способу живлення електротехнологічних систем очищення водних розчинів. // Науковий вісник НУБіП України. 2014. №194, ч. 3. С. 280–290.
15. Гончаров Ф.И., Левчук А.П. Влияние формы импульсного тока на энергоэффективность получения коагулянта путем анодного растворения железа в зависимости от начального рН раствора. // Инновации в сельском хозяйстве. Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. Москва. 2014. № 4(9). С. 53–57.

References

1. Goncharov, F.I., & Levchuk, A.P. (2014). Obgruntuvannya zahodiv ta zasobiv pidvyshhennya efektyvnosti ta energoefektyvnosti vyrishennya pytan` biobezpeky` vodozabezpechennya [Substantiation of measures and means to increase the efficiency and energy efficiency of solving biosafety issues in water supply]. Vidnovlyuvalna enerhetyka, novitni avtomatyzovani elektrotexnologiyi v biotexnichnykh systemakh APK: tezy dopov. mizhnar. nauk.-texn. konf. Kyiv, 67–69. [in Ukrainian]
2. Karambirov, N.A. (1986). Selskoxozyajstvennoe vodosnabzhenye [Agricultural water supply]. Moskva: Agropromydat. [in Russian]
3. Goncharuk, V.V., & Potapchenko, N.G. (1998). Sovremennoe sostoyanye problemu obezzarazhyvaniya vody [The current state of the problem of disinfected water]. Хуmyya y` tehnologyya vodu, 20, 2, 190–207. [in Ukrainian]
4. Nykoladze, G.Y. (1987). Uluchsheniye kachestva podzemnykh vod [Improving the quality of groundwater]. Moskva. [in Russian]
5. Xoruzhyj, P.D., Хомутeczka, T.P., & Xoruzhyj, V.P. (2008). Resursozberigayuchi tehnologiyi vodopostachannya [Resource-saving water supply technologies]. Kyiv: Agrarna nauka. [in Ukrainian]
6. Zapolskyj, A.K. (2011). Ochystka vody koagulyrovanyem [Water purification by coagulation]. Kamenez-Podolskyj: ChP, Medoboru-2006. [in Ukrainian]

7. Shtepa, V.M., & Kot, R.Ye. (2017). Avtomatychna nasosna stanciya [Automatic pumping station]. Patent of Ukraine. № 120530. [in Ukrainian]
8. Levchuk, A.P. (2007). Avtomatychna nasosna stanciya [Automatic pumping station]. Patent of Ukraine. № 78396. [in Ukrainian]
9. Saprukyna, M.N. (2012). Novaya razrabotka apparata elektrokoagulyacyonnoj ochystky` vodu ot mykromycetov [New development of apparatus for electrocoagulation water purification from micromycetes] Хымуя у` technologyya vody. Ynstytut kolloydnoj хымуу` у` хымуу` vodu у`m A.V. Dumanskogo, 34, 5. [in Ukrainian]
10. Goncharuk, V.V., Kucheruk, D.D., Samsony`-Todorov, A.O., & Skubchenko, V.F. (2006). Sovremennue technologyy` ochystky` vody [Modern technologies for water purification]. Nauka ta inovaciyi. Ynstytut kolloydnoj хымуу` у` хымуу` vody у`m. A.V. Dumanskogo, 2, 5, 66–77. [in Ukrainian]
11. Goncharov, F.I., & Levchuk, A.P. (2015). Obgruntuvannya energoefektyvnoho sposobu upravlinnya dzherelom zhyvlennya elektroliznyx system ochyshhennya vodnyx rozchyniv [Substantiation of energy efficient method of power supply control of electrolysis systems for purification of aqueous solutions]. Naukovyj visnyk NUBiP Ukrayiny`, 209, 235–239. [in Ukrainian]
12. Levchuk, A.P. (2016). Adaptivna systema znezarazhennya vody` [Adaptive water disinfection system]. Naukovyj visnyk NUBiP Ukrayiny`, 252, 158–165. [in Ukrainian]
13. Levchuk, A.P., & Maksin, V.I. (2017). Aprobaciya gidravlichnoyi recy`rkulyaciyi ta strumu navantazhennya v prototypi adaptivnoyi systemi znezarazhennya vody` [Approbation of hydraulic recirculation and load current in the prototype of the adaptive water disinfection system]. Mizhnar. nauk.-texn. konf. Polshha, Rodym: Radom academy of economics, 188–190. [in Ukrainian]
14. Levchuk, A.P. (2014). Obgruntuvannya energoefektyvnoho sposobu zhyvlennya elektrotexnologichnyx system ochyshhennya vodnyx rozchyniv [Substantiation of energy efficient method of power supply of electrotechnological systems for purification of aqueous solutions]. Naukovyj visnyk NUBiP Ukrayiny`, 194, 280–290. [in Ukrainian]
15. Goncharov, F.Y., & Levchuk, A.P. (2014). Vlyyanye formy ympulsnoho toka na energoeffektyvnost` poluchenyya koagulyanta putem anodnoho rastvorennyya zheleza v zavysymosty` ot nachalnogo pH rastvora. [Influence of the pulse current shape on the energy efficiency of obtaining a coagulant by anodic dissolution of iron, depending on the initial pH of the solution]. Ynnovacyyu` v selskom khozaystve, Federalnyj nauchnyj agroynzhenernyj centr VYM. Moskva, 4, 53–57. [in Russian]

А.П. Левчук, В.И. Максин

Использование адаптивного подхода к разработке системы очистки воды

Аннотация. *Современные условия водообеспечения малых водопотребителей, которые не запитаны к системам централизованного водообеспечения, подвержены комплексу проблем. Это отсутствие надлежащих концептуальных подходов, которые своими технологическими решениями охватывают всю проблематику очистки воды в соответствии с условиями водозабора и их не всегда гарантированный результат с учетом новых нормативных требований к качеству воды. На всё это накладывается фактор возможности проявления непредвиденных ситуаций техногенного или природного характера. Постоянно повышающиеся требования к качеству питьевой воды задают ряд условий, которыми должны обладать современные системы очистки воды, особенно питьевой. Поэтому проведем анализ современных малых автономных систем и сформулируем перспективные принципы разработки улучшенного процесса и технологического решения, которое сможет надежно работать в сложных условиях и без оператора. После проведенного анализа современных малых автономных систем был сформулирован перспективный принцип разработки улучшенного процесса и технологического решения систем очистки воды, который сможет надежно работать в сложных условиях и без оператора. Был сформулирован главный принцип решения систем очистки воды – адаптивный подход как в целом, так и к каждому блоку или узлу отдельно. Особое внимание уделялось созданию адаптивного источника питания электролизеров, придающих блоку адаптивные свойства и энергоэффективность. При этом, помимо прочих важных параметров тока нагрузки, придадим форме импульсного тока привентивно-профилактические параметры. Таким образом, мы дополнительно усилим эффективность работы системы в целом, а добавив в низкочастотную форму основного импульса высокочастотную вставку/ки, этим усилим деструктивное влияние на биологически небезопасные агенты. Главным контролирующим параметром выбираем рН. Его контроль важен как сам по себе, так и для особенностей технологических превращений. Параметры импульсного тока будут изменяться в зависимости от изменений рН воды при входе в систему очистки. Все идеи воплощаем в образце адаптивной системы очистки воды. В образце реализуем предложенную концепцию адаптивного подхода. Общая гидравлическая схема и отдельные блоки имеют концепцию рециркуляции и настройки*

своих параметров. Автоматизация системы решена на уровне прямых гидравлических взаимосвязей, электроники и не будет требовать постоянного присутствия оператора. Все технологические особенности новой системы позволяют рекомендовать ее в качестве перспективного решения водообеспечения малых объектов водопотребления и перспективной концепции для систем централизованного водообеспечения.

Ключевые слова: питьевое водоснабжение, очистка воды, подготовка воды, pH воды, обеззараживание воды, дезинфектант, опасный биологический агент, гипохлорит натрия, коагулянт, адаптивный источник питания, импульсный электролиз, форма тока, адаптация.

A.P. Levchuk, V.I. Maksin

Using an adaptive approach to the development of water purification system

Abstract. *In terms of water consumption from decentralized water supply systems there are a number of problematic aspects that negatively affect water quality, especially drinking water supply, namely: lack of modern control methods and integrated water treatment systems, qualified service personnel, long logistics of components and reagents, long distances to the final water consumer; inability to respond timely to the need of control laboratory equipment calibration and the failure of units and others. Unpredictable natural or man-made factors further complicate these problematic aspects. All this and the constant changes in the requirements to water quality and technological processes, leads to the search of new, modern approaches to solving such problems and issues of uncentralized drinking water supply. Therefore, this paper analyzes the current experience of developing small autonomous water purification systems for drinking water supply, which do not require constant presence of the operator and laboratory quality control of water and can work automatically in difficult conditions. Also a rationale for technological and structural design as well as the description of adaptive water purification systems using an adaptive approach to the structure as a whole, individual units, assemblies and to the power supply of electrolytic processes, giving it adaptive properties for the use in modern drinking water treatment is provided in the paper. The adaptive function of neutralizing the manifestation of dangerous biological agents and the efficiency of the system is designed for man-made and natural emergencies and water disinfection from bacteria and viruses. The pH was chosen as the main control parameter of water quality. The system uses an effective process of synthesis by electrolytic methods of coagulant, disinfectant and destructive effects on hazardous biological agents - pulsed current with changing parameters and shape. In case a working solution changes the pH, the parameters of the pulsed load current are changed by the adaptive power supply to the most efficient one. The proposed approach and model of the system are effective and preventive and is offered as an option to improve existing water treatment systems for drinking water supply.*

Key words: *drinking water supply, water purification, water treatment, water pH, water disinfection, disinfectant, dangerous biological agent, sodium hypochlorite, coagulant, adaptive power supply, pulse electrolysis, current form, adaptation.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-260>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/260>

УДК 378:005.963.1, 631.6, 626.8

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ПЕРШОГО (БАКАЛАВРСЬКОГО) РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

С.В. Клімов¹, канд. техн. наук, А.А. Білецький², канд. техн. наук, А.В. Клімова³

¹ Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-5993-847X>; e-mail: s.v.klimov@nuwm.edu.ua;

² Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-5352-6562>; e-mail: a.a.bilecki@nuwm.edu.ua;

³ Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-0051-3925>; e-mail: a.v.klimova@nuwm.edu.ua

Анотація. Реформування вищої освіти в Україні полягає у створенні системи забезпечення та постійного поліпшення її якості, що відповідає рекомендаціям і стандартам Європейського простору вищої освіти (ЄПВО), враховує кращі світові практики та передбачає на основі компетентнісного підходу розроблення стандартів нового покоління. Тому необхідно створити обґрунтовану систему компетентностей та програмних результатів навчання, поєднуючи науково-методологічний підхід із врахуванням потреб стейкхолдерів: здобувачів вищої освіти, роботодавців, суспільства і держави. На прикладі формування програмних результатів навчання здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» ми намагались показати, як враховується придатність випускників до працевлаштування за професійними назвами робіт, що відповідають рівню «Фахівці» за «Національним класифікатором професій» (ДК 003:2010). Наводиться відповідність професійних назв робіт і професій за ДК 003:2010 до Міжнародної стандартної класифікації професій (ISCO-08). В статті приводиться оцінювання придатності випускника ЗВО до виконання професійних завдань і обов'язків, що визначені у кваліфікаційних характеристиках та посадових інструкціях фахівців водогосподарської сфери діяльності порівняно з отриманими здобувачем вищої освіти програмними результатами навчання. Як продовження дискусії про пошук перспективних підходів до формування сучасного технічного фахівця ми вважаємо, що одним із важливих механізмів є виробнича практика та персоналізоване виконання курсового проектування та кваліфікаційної бакалаврської. Все це сформує необхідні програмні результати навчання випускника, розвине особистість молодого фахівця та дозволить йому успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність.

Ключові слова: програмні результати навчання, професійні назви робіт, Національний класифікатор професій, кваліфікаційна характеристика, кваліфікаційна бакалаврська робота.

Актуальність дослідження. Одним із кроків реформування вищої освіти, що здійснюються в рамках нового Закону України «Про вищу освіту», є розробка стандартів вищої освіти за активної участі стейкхолдерів. Основним пріоритетом стає формування «конкурентоспроможного людського капіталу для високотехнологічного та інноваційного розвитку країни, самореалізації особистості, забезпечення потреб суспільства, ринку праці та держави у кваліфікованих фахівцях» [1]. Демонструються інновації до стандартизації і запроваджується компетентнісний підхід щодо створення стандартів вищої освіти нового покоління та розроблення на їх основі освітніх програм, що повністю відповідає рекомендаціям Європейського простору вищої освіти [1].

Такий підхід дозволяє вирішити низку сучасних освітніх проблем [2]: від залучення студентів у вітчизняні заклади вищої освіти (ЗВО), до підготовки фахівців із необхідним на ринку праці набором компетентностей, які «встигають» за динамічним розвитком технологій, що зменшує відсоток випускників, які після отримання диплому ідуть на біржу праці.

Компетентнісний підхід також забезпечує зрозумілість і можливість порівняння результатів навчання, набутих компетентностей і відповідних кваліфікацій для всіх зацікавлених сторін. Це створює умови для запровадження академічної мобільності (вітчизняної та міжнародної) та надає можливість інтегруватись до європейського і світового освітнього простору.

© Клімов С.В., Білецький А.А., Клімова А.В., 2020

2020 • № 2 МЕЛІОРАЦІЯ І ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО

Адаптація ринку освітніх послуг України до сучасних потреб ринку праці та стейкхолдерів має основним результатом підготовку висококваліфікованих фахівців, які демонструють відповідні програмні результати навчання [2].

Результати навчання – це знання, уміння, навички, способи мислення, погляди, цінності, інші особисті якості, які можна ідентифікувати, спланувати, оцінити і виміряти та які особа здатна продемонструвати після завершення освітньої програми (програмні результати навчання) або окремих освітніх компонентів [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні проблеми формування компетентностей та результатів навчання при створенні нових стандартів вищої освіти досліджують вчені. В. Бахрушин у своїй роботі [3] зазначає, що визначення програмних результатів навчання в Законі України «Про вищу освіту» загалом відповідає аналогу з глосарію ЮНЕСКО та Міжнародної стандартної класифікації освіти МСКО-2011 [4]. Автор також зауважує, що згідно з Національною рамкою кваліфікацій (НРК) [5] результати навчання – це «компетентності (знання, розуміння, уміння, цінності, інші особисті якості), які набуває та/або здатна продемонструвати особа після завершення навчання».

За методичними рекомендаціями «Тьюнінг»: «Результати навчання – формулювання того, що, як очікується, повинен знати, розуміти, бути здатним продемонструвати студент після завершення навчання. Результати навчання визначають вимоги до присудження кредитів» [6]. Тобто, результати навчання можуть формулюватися також у термінах компетентностей.

Особливості впровадження програмних результатів навчання в стандартах вищої освіти при підготовці інженерів розкривалися в роботах Ю. Рашкевича, Н. Внукової, В. Пивоваровата інших [7; 8]. Компетентнісний підхід у підготовці фахівців – будівельників розглядали у своїх роботах І. Гевлич, О. Гулай, О. Щербина, М. Козяр та інші [9–12].

За проектом Co-Re 2 «програмні результати навчання ступіневої освітньої програми є набором тверджень про те, що, як очікується, студент повинен знати, розуміти та бути здатним продемонструвати після того, як він виконав усі завдання та успішно пройшов усі екзамени/оцінювання, а також отримав ступінь» [13].

Отже, на основі аналізу визначення програмних результатів навчання можна

сформулювати основні професійні здатності, які повинен продемонструвати здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня з гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій після завершення навчання, зокрема:

- знання навчальних компонентів із циклу загальної підготовки;
- знання обов'язкових та вибіркового навчальних компонентів циклу із професійної підготовки;
- знання сучасної нормативної бази, методів інженерних розрахунків та проектування інженерних споруд на основі застосування інформаційних технологій;
- знання прикладних спеціальних питань із реалізації проектів будівництва та експлуатації об'єктів водної інженерії, гідротехнічних і природоохоронних споруд.

Проведення освітньої діяльності за спеціальністю у ЗВО здійснюється на основі освітніх програм. Їх розробка, удосконалення або перегляд у результаті затвердження МОН України стандарту вищої освіти відповідного рівня проводяться постійно. Однак наразі відсутні дослідження застосування компетентнісного підходу у підготовці фахівців спеціальності «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології», а тому розробка і впровадження програмних результатів навчання при підготовці здобувачів вищої освіти за даним напрямком є актуальною і має практичну значущість.

Отже, **мета дослідження** – обґрунтування переліку програмних результатів навчання здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на прикладі спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології», що відображено у відповідному стандарті вищої освіти, затвердженого наказом МОН України № 374 від 04.03.2020 [14], співавторами якого є автори статті, продовження дискусії про пошук перспективних підходів до формування сучасного фахівця.

Матеріали і методи дослідження. Апробація підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за сформульованим переліком програмних результатів навчання відповідно до затвердженого стандарту за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» проводиться в Національному університеті водного господарства та природокористування, м. Рівне (далі – НУВГП) за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія

та водні технології». Під час реалізації зазначеної освітньої програми застосовуються результати наукової теми «Інформаційні технології у гідротехнічному будівництві та водній інженерії, підвищення ефективності експлуатації водогосподарських об'єктів і систем», номер державної реєстрації 0118 U001415.

Методика дослідження полягає у порівнянні і виявленні відповідності програмних результатів навчання за стандартом із професійними завданнями та обов'язками фахівців за професіями згідно із штатними розписами водогосподарських організацій.

Результати дослідження та їх обговорення. Результати навчання, як і компетентності, мають забезпечувати успішне виконання фахівцем завдань та обов'язків за професією певної сфери діяльності.

При формуванні програмних результатів навчання здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у стандарті вищої освіти за спеціальністю 194 «Гідротехнічне

будівництво, водна інженерія та водні технології» [14] враховано придатність випускників до працевлаштування за професійними назвами робіт, що відповідають рівню «Фахівці» згідно із чинною редакцією Національного класифікатора професій (ДК 003:2010) [15] (табл. 1) та відповідають Міжнародній стандартній класифікації професій International Standard Classification of Occupations 2008 (ISCO-08) [16].

Оцінювання придатності випускника ЗВО до виконання професійних завдань і обов'язків зазначених професій у сфері водогосподарської діяльності, що визначені у кваліфікаційних характеристиках [17] та посадових інструкціях, проводиться їх порівнянням з отриманими здобувачем вищої освіти результатами навчання. Порівнювали професійні назви робіт:

- технік-гідротехнік (експлуатаційні водогосподарські організації – ВГО) – <https://jobs.ua/dkhp/articles-498>;

1. Відповідність професійних назв робіт професіям, згідно з ДК 003:2010 та ISCO-08

ДК 003:2010		ISCO-08	
Код та назва професії за КП	Професійна назва роботи	Код та назва професії	Професійна назва роботи
3112 – Техніки-будівельники	<ul style="list-style-type: none"> • Доглядач будови • Кошторисник • Технік-будівельник • Технік санітарно-технічних систем • Технік-гідротехнік • Технік-доглядач • Технік-лаборант (будівництво) • Технік-проектувальник 	3112 – Civil engineering technicians	<ul style="list-style-type: none"> • Building inspector • Clerk of Works • Civil engineering technician • Surveying technician
3152 – Інспектори з безпеки руху, охорони праці та якості	<ul style="list-style-type: none"> • Інспектор гідротехнічний • Старший інспектор з гідроспоруд 	3123 – Construction Supervisors	<ul style="list-style-type: none"> • Building construction supervisors
3212 – Асистенти ветеринарів, молодші фахівці в агрономії, лісовому, водному господарствах та в природно-заповідній справі	<ul style="list-style-type: none"> • Технік-гідрометрист • Технік-гідротехнік • Технолог-гідротехнік • Інспектор із використання водних ресурсів 	3132 – Incinerator and Water Treatment Plant Operators	<ul style="list-style-type: none"> • Liquid waste process operator • Pumping-station operator • Sewage plant operator • Wastewater operator • Water treatment plant operator
3213 – Консультанти в сільському, лісовому, водному господарствах та в природно-заповідній справі	Фахівець з організації та ведення фермерського господарства		

- технік-гідротехнік (гідрогеолого-меліоративні експедиції – ГГМЕ) – <https://jobs.ua/dkhp/articles-499>;
- технолог-гідротехнік – <https://jobs.ua/dkhp/articles-500>;
- інспектор з використання водних ресурсів – <https://jobs.ua/dkhp/articles-496>.

Вміння застосовувати положення та використовувати методи відповідних наук у професійній діяльності забезпечується набуттям здобувачами вищої освіти результатів навчання РН1 – «Формулювати задачі з вирішення проблемних ситуацій у професійній та/або академічній діяльності» та РН2 – «Визначати шляхи розв’язання інженерно-технічних задач у професійній діяльності, аргументовано інтерпретувати їх результати» [14].

Згідно з кваліфікаційною характеристикою технік-гідротехнік здійснює «геодезичне знімання ділянок земної поверхні і елементів водогосподарських об’єктів, проводить відбір зразків води та ґрунту, визначає їх окремі фізико-механічні характеристики, виконує розрахункові та графічні роботи під керівництвом спеціалістів під час проектування гідромеліоративних систем та інших водогосподарських об’єктів». Виконання цих обов’язків забезпечується результатами навчання РН3 – «Виконувати експериментальні дослідження руху водних потоків, оцінювати і аргументувати значимість їх результатів при проектуванні об’єктів професійної діяльності», РН4 – «Описувати будову об’єктів професійної діяльності, пояснювати їх призначення, принципи та режими роботи».

Фахівець із використання водних ресурсів, технік-гідротехнік (ВГО) «здійснює облік водокористувачів, забезпечує організацію своєчасної і безперебійної подачі води водокористувачам та контроль за раціональним її використанням, дотриманням ними установлених лімітів». Такий вид діяльності фахівця забезпечується набутими результатами навчання РН8 – «Розв’язувати якісні та кількісні задачі з видобування, підготовки та розподілу води, очищення та відведення стічних вод» та РН9 – «Знаходити оптимальні інженерні рішення при виборі водних технологій, конструкцій об’єктів, енергоощадних заходів у сфері професійної діяльності». Ці результати навчання особливо важливі в процесі інтеграції України в європейський простір, зокрема імплементації водної рамкової директиви [18].

На стадії будівництва гідротехнічного об’єкта технолог-гідротехнік та технік-гідротехнік «здійснює вхідний, операційний

контроль якості елементів водогосподарських мереж та споруд, виконує обстеження технічного стану елементів водогосподарських мереж та споруд, виявляє відмови та пошкодження, розробляє заходи щодо їх запобігання і усунення, удосконалення або реконструкції; проводить спостереження за впливом водогосподарських мереж і споруд на стан навколишнього природного середовища; проводить контроль і дає висновки про відповідність матеріалів, виробів і конструкцій технічної документації на виробництві; визначає кількісні показники якості технологічних процесів, технічних рішень; проводить поопераційний контроль якості виконаних робіт під час створення і функціонування елементів водогосподарських мереж та споруд; дає оцінку якості елементів водогосподарських мереж та споруд, технологічного процесу». Вказані вище роботи вимагають від фахівця демонструвати такий набір результатів навчання: РН5 – «Знати технологічні процеси виготовлення та області застосування будівельних матеріалів, виробів та конструкцій», РН6 – «Визначати і враховувати кліматичні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні та екологічні особливості територій при проектуванні, будівництві та експлуатації об’єктів професійної діяльності», РН7 – «Виконувати інженерні розрахунки ґрунтових основ та конструкцій об’єктів професійної діяльності», РН14 – «Визначати заходи з раціонального використання, охорони та відтворення водних і земельних ресурсів, поліпшення гідрологічного та екологічного стану масивів поверхневих і ґрунтових вод, природних ландшафтів» [14].

У виробничій діяльності технолог-гідротехнік, технік-гідротехнік «організовує виконання технологічних процесів під час створення і функціонування елементів водогосподарських мереж та споруд: проводить підготовку виробництва та забезпечує виконання технологічних процесів; проводить випробування і вимірювання основних параметрів технологічних процесів та здійснює перевірку їх відповідності до проектних параметрів і нормативів». Зазначена виробнича діяльність технолога-гідротехніка буде успішною при реалізації таких результатів навчання: РН10 – «Використовувати сучасні інформаційні технології при проектуванні, будівництві та експлуатації об’єктів професійної діяльності. РН11 – «Виконувати техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень, інженерних заходів, технологічних процесів», РН12 – «Організовувати та управляти

технологічними процесами будівництва, експлуатації, ремонту й реконструкції об'єктів професійної діяльності, згідно з вимогами охорони праці, безпеки життєдіяльності та захисту довкілля», РН16 – «Виявляти, узагальнювати та вирішувати проблеми, що виникають у процесі професійної діяльності, відповідати за роботу, що виконується» [14].

На стадії експлуатації гідротехнічного об'єкта технолог-гідротехнік та технік-гідротехнік (ВГО) «забезпечує функціонування елементів водогосподарських мереж і споруд: організовує проведення поточних і аварійних ремонтів елементів водогосподарських мереж і споруд; забезпечує підготовку елементів водогосподарських мереж та споруд, машин механізмів та обладнання до роботи; оперативно корегує плани водопідготовки, водоподачі і водовідведення; здійснює технічну експлуатацію елементів водогосподарських мереж та споруд; забезпечує раціональний розподіл води в мережі між користувачами та функціонування технологічного обладнання». Вказані професійні завдання і обов'язки можливі до виконання за наявності у працівника результатів навчання: РН13 – «Здійснювати технічну експлуатацію, обстеження, нагляд та догляд за станом об'єктів професійної діяльності», РН14 – «Визначати заходи з раціонального використання, охорони та відтворення водних і земельних ресурсів, поліпшення гідрологічного та екологічного стану масивів поверхневих і ґрунтових вод, природних ландшафтів», РН15 – «Здійснювати гідрологічні, гідравлічні та гідротехнічні розрахунки з використанням сучасних програмних комплексів та спеціалізованих баз даних».

У професійній діяльності технік-гідротехнік (ВГО) «вживає заходів щодо безаварійного пропуску повеней і паводків», що вимагає наявності у нього здатності «оцінювати екологічні наслідки техногенної діяльності з дотриманням правових та соціальних норм» – РН17.

Технолог-гідротехнік також «проводить спостереження за впливом водогосподарських мереж і споруд на стан навколишнього природного середовища», що вимагає отримання результатів навчання РН13 – «Здійснювати технічну експлуатацію, обстеження, нагляд та догляд за станом об'єктів професійної діяльності», РН18 – «Застосовувати технічні регламенти та правові норми при експлуатації гідротехнічних об'єктів».

Крім загальних знань з економіки і організації виробництва технолог-гідротехнік має розробляти «виконавчу документацію

і звітність», що забезпечується результатами навчання РН19 – «Визначати показники природних та техногенних умов території, об'єкта, робочої зони, а також будівельних матеріалів та якості готової продукції із застосуванням спеціалізованих інструментів, приладів та обладнання відповідно до стандартів і вимог метрологічної служби України» [14].

Важливе місце в діяльності технолога-гідротехніка займає контроль за дотриманням санітарно-гігієнічних вимог та вимог з охорони праці. При виконанні посадових обов'язків він «бере участь у розслідуванні нещасних випадків та аварій; визначає потенційно небезпечні ділянки виробництва, види виробничих процесів та елементи природного середовища, що можуть створити загрозу виникнення надзвичайних ситуацій; забезпечує захист у разі виникнення надзвичайної ситуації: організовує індивідуальний захист із використанням табельних та підручних засобів, евакуацію з небезпечної зони персоналу об'єкта укриття, проводить рятувальні невідкладні аварійно-відновлювальні роботи, організовує дії з метою запобігання або зменшення рівня вірогідного пошкодження водогосподарських об'єктів». Вказані функції вимагають від працівника здатності «організовувати та управляти технологічними процесами будівництва, експлуатації, ремонту й реконструкції об'єктів професійної діяльності згідно з вимогами охорони праці, безпеки життєдіяльності та захисту довкілля» – РН12.

Крім розглянутих професійних результатів навчання для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти важливими є соціальні та загально інженерні результати навчання з відповідних освітніх компонент: здатність демонструвати знання про сферу професійної діяльності; здатність виконувати розрахунково-експериментальні роботи на основі застосування класичних теорій та технічних методів, фізико-математичних, механічних і комп'ютерних моделей; здатність використовувати знання передових досягнень у техніці інноваційних технологій при проектуванні споруд і управлінні виробництвом. Важливо на сьогодні, на основі вміння самостійно оволодівати знаннями, виконуючи пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел, бути здатним до абстрактного мислення, аналізувати та створювати нові ідеї в нестандартних ситуаціях, бути критичним при аналізі цих ідей [14].

Висновки та перспективи подальших досліджень Наведене порівняння показує важливість формування програмних

результатів навчання з урахуванням вимог професії, що визначені у кваліфікаційних характеристиках [17] та посадових інструкціях. Випускник ЗВО, потрапивши на перше робоче місце, повинен демонструвати набуті результати навчання, які дозволять йому виконувати завдання та обов'язки відповідно до посадових інструкцій.

Однак освітня діяльність суттєво відрізняється від професійної за мотивами, цілями, засобами і результатами. Відповідно потрібно напрацьовувати механізми трансформації освітньої діяльності у професійну [19]. Одним із таких механізмів є виробнича практика, яка проводиться безпосередньо на виробництві. Не формуючи окремо жодного програмного результату навчання цей освітній компонент є інтегруючим етапом, що дозволяє здобувачу вищої освіти, який вже має певні базові загальноінженерні та професійні знання, зорієнтуватись у реальному стані у сфері професійної діяльності, завданнях, які йому прийде виконувати в майбутньому і при необхідності провести коригування своєї освітньої траєкторії. При проходженні практичної підготовки безпосередньо на виробництві, крім отримання нових знань і вмінь та закріплення набутих, здобувач вищої освіти отримує уявлення про своє місце в галузі, що стимулює до формування індивідуальної траєкторії навчання.

Ще одним важливим освітнім компонентом у підготовці майбутніх фахівців є курсове проектування та кваліфікаційна бакалаврська робота. На основі виданого технічного завдання здобувачем вищої освіти виконується проектування певного об'єкта професійної діяльності, вибираються і обґрунтовуються найбільш важливі технічні та технологічні параметри. Зокрема для спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» обов'язково розглядаються взаємозв'язки з прилеглими природно-територіальними комплексами, формується оцінка впливу на навколишнє середовище на етапі створення об'єкта, в процесі планової діяльності та у випадку критичних, аварійних ситуацій.

Однак підхід, коли студент проводить проектування «за шаблоном», підгонку певного типового рішення, прототипу під

поставлені в завданні особливі умови при підготовці сучасного фахівця, має відійти на другий план [20]. Це тісно пов'язано з дотриманням академічної доброчесності, оскільки закріплені на етапі навчання навички переписування та проведення типових розрахунків, прийняття на їх основі рішення в майбутній професійній діяльності не дозволять створювати оригінальну інноваційну продукцію, що відповідає сучасним умовам (постійний розвиток техніки і технологій, зміни клімату, якісно нові потреби ринку). Для подолання такої ситуації необхідно максимально персоналізувати виконання курсового проектування, щоб здобувач вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем самостійно проводив збір та аналіз інформації з різних джерел, навчився не лише стандартним рішенням, але й інноваційним, самостійно проводив їх критичний аналіз.

Завершальним етапом підготовки фахівця є виконання кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна бакалаврська робота – це самостійне дослідження об'єкта професійної діяльності у рамках освітньої програми, в якому інтегруються результати навчання, здобуті упродовж навчання в ЗВО. Захист кваліфікаційної бакалаврської роботи є демонстрацією здобувачем вищої освіти здатностей розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми в галузі професійної діяльності, зокрема у водному господарстві.

Набуття вірно підібраних у стандарті програмних результатів навчання, закріплення їх при проходженні практик, виконанні курсового проектування та кваліфікаційної бакалаврської роботи дозволить підготувати сучасного, активного, компетентного та потрібного на ринку праці фахівця.

У Законі «Про вищу освіту» у визначенні результатів навчання, як складових стандартів вищої освіти, зазначено їх оцінювання та вимірювання. Тому перспективою подальших досліджень передбачається розробка критеріїв оцінювання програмних результатів навчання, зокрема здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології», для чого мають проводитись широкі консультації з основними стейкхолдерами, особливо працедавцями.

Бібліографія

1. Про вищу освіту: Закон України від 01.07.2014 № 1556-VII / 2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення: 01.05.2020).
2. Розроблення освітніх програм / Захарченко В.М. та ін. Методичні рекомендації. Київ : ДП НВЦ «Пріоритети», 2014. 120 с.

3. Бахрушин В. Є. Компетентності і результати навчання в нових стандартах вищої освіти : Освітня політика. Портал громадських експертів. Трав. 09, 2016. URL: <http://education-ua.org/ru/articles/702-kompetentnosti-i-rezultati-navchannya-u-novikh-standartakh-vishchoji-osviti> (дата звернення 11.02.2020).
4. International Standard Classification of Education (ISCED). URL: <http://uis.unesco.org/en/topic/international-standard-classification-education-isced> (дата звернення: 14.05.2020).
5. Національна рамка кваліфікацій. Додаток до постанови Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2011 р. № 1341. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-p>. (дата звернення: 04.02.2020).
6. Lokhoff J. A Tuning Guide to Formulating Degree Programme Profiles. Including Programme Competences and Programme Learning Outcomes / J. Lokhoff, R. Wagenaar. — Nuffic / TUNING Association, 2010. <http://hdl.handle.net/11370/75477b71-cc79-4a19-8fc4-958be8196a4b>. (дата звернення: 14.05.2020).
7. Рашкевич Ю.М. Побудова стандартів вищої освіти та освітніх програм в контексті нового закону України “Про вищу освіту” : Освітня політика. Портал громадських експертів., 18.11.2015. URL: <http://education-ua.org/ua/articles/519-pobudova-standartiv-vishchoji-osviti-ta-osvitnikh-program-v-konteksti-novogo-zakonu-ukrajini-pro-vishchu-osvitu> (дата звернення 11.02.2020).
8. Внукова Н., Пивоваров В. Компетентнісний підхід до підготовки фахівців з вищою освітою [Електронний ресурс].– URL: https://www.pulib.sk/web/kniznica/elpub/dokument/Bernatova9/subor/Vnukova_Pyvovarov.pdf. (дата звернення 20.04.2020).
9. Гевлич І.Г., Гевлич Т.І. Компетентнісний підхід при підготовці сучасного будівельника. Збірник наукових праць Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2018. Вип. 1. С. 17–25.
10. Гулай О.І. Теоретико-методичні основи професійної підготовки майбутніх фахівців будівельного профілю в умовах неперервної освіти. Вінниця, 2016.
11. Щербина О.А. Оцінювання компетентностей засобами платформи MOODLE // Information Technologies and Learning Tools. 2015. Том 45. С. 134.
12. Козяр М.М., Мельник С.В. Проблеми формування професійної компетентності майбутніх архітекторів у процесі фахової підготовки // Оновлення змісту, форм та методів навчання і виховання в закладах освіти. 2017. Вип. 16. С. 224–227.
13. Рашкевич Ю. Компетентнісний підхід до формування освітніх програм: практичні аспекти : Презентація лекції Юрія Рашкевича, заступника Міністра освіти і науки України, 19.10.2017 р., НаУКМА. URL: <http://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/12061> (дата звернення 14.05.2020).
14. Стандарт вищої освіти першого (бакалаврського) рівня підготовки фахівців галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 194 Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології: Офіц. вид. Київ:М-во освіти та науки України, 2020. 19 с. – (Нормативний документ МОН України. Стандарт вищої освіти). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/03/194-gidrotechnichne-B.pdf> (дата звернення 14.05.2020).
15. Національний Класифікатор професій ДК 003:2010. Чинний від 01.11.2010. Затв. Наказом Держспоживстандарту України 28.07.2010 № 327. [Електронний ресурс] / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10>. (дата звернення 14.05.2020).
16. Міжнародна стандартна класифікація професій: International Standard Classification of Occupations 2008 (ISCO-08). [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/isco08>. (дата звернення 12.03.2020).
17. Про затвердження Абеткового переліку професій працівників за національними випусками Довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників із зазначенням професій Єдиного тарифно-кваліфікаційного довідника та Переліку професій працівників за випусками Єдиного тарифно-кваліфікаційного довідника із зазначенням професій національних випусків Довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників (Випуск 89 та Випуск 90). Наказ Мінпраці України від 26.11.2008 № 557. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0557203-08>. (дата звернення 10.02.2020).
18. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року. [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962. (дата звернення 26.03.2020).

19. Мокін Б.І., Мізерний В.М., Мензул О.М. Формування професійної компетентності студентів в умовах професійно-практичної підготовки // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2011. Том 5. С. 199–203. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6381/1550.pdf?sequence=3>. (дата звернення 08.02.2020).

20. Хлапук М.М., Шинкарук Л.А., Сівак В.М. Проблеми фундаменталізації профільних дисциплін і профілізація фундаментальних дисциплін у підготовці спеціалістів в XXI столітті. Технології навчання: науково-методичний збірник. 2019. Вип. 17. С. 116–123. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/16795/>. (дата звернення 18.02.2020).

References

1. Закон України «Pro vyshchu osvitu» [Law of The Ukraine «On higher education»]: pryiniaty 01.07.2014 № 1556-VII (2014). Holos Ukrainy, 148. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>. [in Ukrainian]

2. Zakharchenko, V.M., Luhovyi, V.I., Rashkevych, Yu.M., & Talanova, Zh.V. (2014). Rozroblennia osvitnikh proham [Development of educational programs]: Metodychni rekomendatsii. Kyiv : DP NVTs «Priorytety», 120. [in Ukrainian]

3. Bakhrushyn, V.Ye. (2016) Kompetentnosti i rezultaty navchannia u novykh standartakh vyshchoi osvity [Competences and learning outcomes in the new standards of higher education]: Osvitnia polityka. Portal hromadskykh ekspertiv. Retrieved from: <http://education-ua.org/ru/articles/702-kompetentnosti-i-rezultati-navchannya-u-novykh-standartakh-vishchoji-osviti>. [in Ukrainian]

4. International Standard Classification of Education (ISCED). Retrieved from: <http://uis.unesco.org/en/topic/international-standard-classification-education-isced>.

5. Natsionalna ramka kvalifikatsia [National qualifications framework]. (2011). Dodatok do postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy № 1341 vid 23.11.11. Kyiv: Ofitsiyni visnyk Ukrainy, 2011, N 101, 3700; 2019, N 49, 1676. Retrieved from: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-p>. [In Ukrainian]

6. Lokhoff J.R. (2010). A Tuning Guide to Formulating Degree Programme Profiles. Including Programme Competences and Programme Learning Outcomes. Wagenaar. Nuffic. TUNING Association, Retrieved from: <http://hdl.handle.net/11370/75477b71-cc79-4a19-8fc4-958be8196a4b>.

7. Rashkevych, Yu.M. (2015). Pobudova standartiv vyshchoi osvity ta osvitnikh proham v konteksti novoho zakonu Ukrainy “Pro vyshchu osvitu” [Creation of standards of higher education and educational programs in the context of the new law of Ukraine “On higher education”]. Osvitnia Polityka. Portal Hromadskykh Ekspertiv. Retrieved from: <http://education-ua.org/ua/articles/519-pobudova-standartiv-vishchoji-osviti-ta-osvitnikh-program-v-konteksti-novogo-zakonu-ukrajini-pro-vishchu-osvitu>. [in Ukrainian]

8. Vnukova, N., & Pyvovarov, V. (2016). Kompetentnisnyi pidkhid do pidhotovky fakhivtsiv z vyshchoiu osvitoiu. [Competence approach to training specialists with higher education]. Medzinárodný nekonferenčný zborník VZDELÁVANIE A SPOLOČNOSŤ II: Univerzitná knižnica Prešovskej univerzity v Prešove, 376–392. Retrieved from: https://www.pulib.sk/web/kniznica/elpub/dokument/Bernatova9/subor/Vnukova_Pyvovarov.pdf. [in Ukrainian]

9. Hevlych, I.H., & Hevlych, T.I. (2018). Kompetentnisnyi pidkhid pry pidhotovtsi suchasnoho budivelnika. [Competence approach in teaching a modern builder]. Zbirnyk Naukovykh Prats Donbaskoi Natsionalnoi Akademii Budivnytstva i Arkhitektury, 1, 17–25. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/zbnpdnaba_2018_1_5. [in Ukrainian]

10. Hulai, O.I. (2016). Teoretyko-metodychni osnovy profesiinoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv budivelnogo profilu v umovakh neperervnoi osvity [Theoretical and methodical bases of professional training of future specialists of construction profile in the conditions of continuous education]. Candidate's thesis. Khmelnytskyi. Khmelnytska Humanitarno-Pedahohichna Akademiia. Retrieved from: <https://www.vspu.edu.ua/science/dis/d12.pdf>. [in Ukrainian]

11. Shcherbyna, O.A. (2015). Otsiniuvannia kompetentnostei zasobamy platformy MOODLE. [Competency assessment by means of the MOODLE platform]. Information Technologies and Learning Tools, 45, 134. <https://doi.org/10.33407/itlt.v45i1.1169>. [in Ukrainian]

12. Koziar, M.M., & Melnyk, S.V. (2017). Problemy formuvannia profesiinoi kompetentnosti maibutnikh arhitektov u protsesi fakhovoi pidhotovky. [Problems of formation of professional competence of future architects in the process of professional training]. Onovlennia Zmistu, Form Ta Metodiv Navchannia i Vychovannia v Zakladakh Osvity, 16, 224–227. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ozfm_2017_16_70. [in Ukrainian]

13. Rashkevych, Yu. (2017). Kompetentnisnyi pidkhid do formuvannia osvitnikh proham: Praktychni aspekty [Competence approach to the formation of educational programs: practical aspects]. NaUKMA: Kyiv. Retrieved from: <http://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/12061>. [in Ukrainian]
14. Standart vyshchoi osvity pershoho (bakalavrskoho) rivnia pidhotovky fakhivtsiv haluzi znan 19 Arkhitektura ta budivnytstvo spetsialnosti 194 Hidrotekhnichne budivnytstvo, vodna inzheneriia ta vodni tekhnologii [Standard of higher education of the first (bachelor's) level of training of specialists in the field of knowledge 19 Architecture and construction of the specialty 194 Hydraulic engineering, water engineering and water technologies]: Zatverdzheno Nakazom MON Ukrainy N 374 vid 04.03.20. (2020). Kyiv. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/03/194-gidrotekhnichne-B.pdf>. [in Ukrainian]
15. Natsionalnyi Klasyfikator profesii DK 003:2010. [National Classifier of Occupations DK 003:2010. Chynnyi vid 01.11.2010. Zatv. Nakazom Derzhspozhyvstandartu Ukrainy 28.07.2010 № 327. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10>. [in Ukrainian]
16. International Standard Classification of Occupations 2008 (ISCO-08). Retrieved from: <http://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/isco08>.
17. Pro zatverdzhennia Abetkovoho pereliku profesii pratsivnykiv za natsionalnymy vypuskamy Dovidnyka kvalifikatsiinykh kharakterystyk profesii pratsivnykiv iz zaznachenniam profesii Yedynoho taryfno-kvalifikatsiinoho dovidnyka ta Pereliku profesii pratsivnykiv za vypuskamy Yedynoho taryfno-kvalifikatsiinoho dovidnyka iz zaznachenniam profesii natsionalnykh vypuskiv Dovidnyka kvalifikatsiinykh kharakterystyk profesii pratsivnykiv [About the statement of the Alphabetical list of trades of employees on national releases of the Handbook of qualification characteristics of trades of employees with indication of professions of the Uniform tariff-qualification directory and the List of professions of employees on editions of national releases of Uniform tariff-qualification directory with indication of professions]. Zatv. Nakazom Ministerstva pratsi ta sotsialnoi polity Ukrainy N 557 vid 26.11.08. (2008). Kyiv. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0557203-08>. [in Ukrainian]
18. 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. (2020). Official Journal of the European Communities, 327, 1–73. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:EN:HTML> https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962. [in Ukrainian]
19. Mokin, B.I., Mizernyi, V.M., & Menzul, O.M. (2011). Formuvannia profesiinoi kompetentnosti studentiv v umovakh profesiino-praktychnoi pidhotovky. [Formation of professional competence of students in terms of professional and practical training]. Visnyk Vinnytskoho Politekhnichnoho Instytutu, 5, 199–203. Retrieved from: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6381/1550.pdf?sequence=3>. [in Ukrainian]
20. Khlapak, M.M., Shynkaruk, L.A., & Sivak, V.M. (2019). Problemy fundamentalizatsii profilnykh dystsyplin i profilizatsiia fundamentalnykh dystsyplin u pidhotovtsi spetsialistiv v XXI stolitti. [Problems of fundamentalization of profile disciplines and profiling of fundamental disciplines in training of specialists in the XXI century]. Tekhnologii Navchannia : Naukovo-Metodychnyi Zbirnyk., 17, 116–123. Retrieved from: <http://ep3.nuwm.edu.ua/16795>. [in Ukrainian]

С.В. Климов, А.А. Билецкий, А.В. Климова

**Особенности формирования программных результатов обучения
соискателей высшего образования первого (бакалаврского) уровня
высшего образования по специальности «Гидротехническое строительство,
водная инженерия и водные технологии»**

Аннотация. Реформирование высшего образования в Украине идет путем создания системы обеспечения и постоянного улучшения ее качества, соответствия рекомендациям и стандартам Европейского пространства высшего образования (ЕПВО), учитывает лучшие мировые практики и предусматривает на основе компетентностного подхода разработку стандартов нового поколения. Поэтому необходимо создать обоснованную систему компетенций и программных результатов обучения, сочетая научно-методологический подход с учетом потребностей стейкхолдеров: соискателей высшего образования, работодателей, общества и государства. На примере формирования программных результатов обучения соискателей первого (бакалаврского) уровня высшего образования специальности 194 «Гидротехническое строительство, водная инженерия и водные технологии» мы показываем, как учитывается пригодность выпускников к трудоустройству

по профессиональным названиями работ, соответствующих уровню «Специалисты» согласно «Национальному классификатору профессий» (ДК 003: 2010). Приводится соответствие профессиональных названий работ и профессий ДК 003: 2010 и Международной стандартной классификации профессий (ISCO-08). В статье приводится оценка пригодности выпускника ВУЗа к выполнению профессиональных задач и обязанностей, которые определены в квалификационных характеристиках и должностных инструкциях специалистов водохозяйственной сферы деятельности. Это осуществляется сравнением с полученными соискателем высшего образования программными результатами обучения. В продолжение дискуссии о поиске перспективных подходов к формированию современного технического специалиста мы считаем, что одним из важных механизмов является производственная практика и персонифицированное выполнение курсового проектирования и квалификационной бакалаврской работы. Все это сформирует необходимые программные результаты обучения выпускника, разовьет личность молодого специалиста и позволит ему успешно социализироваться, осуществлять профессиональную и / или дальнейшую учебную деятельность.

Ключевые слова: программные результаты обучения, профессиональные названия работ, Национальный классификатор профессий, квалификационные характеристик, квалификационная бакалаврская работа.

S.V. Klimov, A.A. Beletsky, A.V. Klimova

**Features of formation of training program results for the applicants
of the first (bachelor's) level of higher education on a specialty
«Hydraulic engineering, water engineering and water technologies»**

Abstract. Reforming higher education in Ukraine is to create a system of ensuring and continuously improving its quality, which meets the recommendations and standards of the European Higher Education Area (EHEA), takes into account world best practices and provides for the development of new generation standards based on a competency approach. Therefore, it is necessary to create a substantiated system of competencies and training program results, combining a scientific and methodological approach taking into account the needs of stakeholders: higher education applicants, employers, society and the state. On the example of the formation of training program results for the applicants of the first (bachelor's) level of higher education on the specialty 194 "Hydraulic Engineering, Water Engineering and Water Technology", we tried to show how to take into account the suitability of graduates for the employment by the professional titles of jobs corresponding to the level of "Specialists" in National Classification of Jobs (DK 003: 2010). The correspondence of professional titles of jobs and professions according to DK 003: 2010 to the International Standard Classification of Jobs (ISCO-08) is given. The article evaluates the suitability of a university graduate to perform professional tasks and responsibilities defined in the qualification characteristics and job descriptions of specialists in the field of water management, in comparison with the program results of higher education received by the graduate. In continuation of the discussion on the search for perspective approaches to the formation of a modern technical specialist, we consider that one of the important mechanisms is the production practice and personalized implementation of course design and bachelor's project. All that will form the necessary program results of the graduate's education, develop the personality of the young specialist and allow him to socialize successfully, conduct professional and / or further educational activities.

Key words: training program results; professional titles of jobs; National Classification of Jobs; qualification characteristics; bachelor's project.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-253>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/253>

УДК 628.315.3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАМКНУТОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Я.Б. Мосійчук¹, П.Д. Хоружий², докт. техн. наук, професор,
І.П. Недашковський³, канд. техн. наук, доцент

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9754-6522>; e-mail: y.mosiichuk@gmail.com;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9433-361X>; e-mail: petro1939@bigmir.net;

³ Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9494-6694>; e-mail: pk-ogasa@ukr.net

Анотація. У статті проаналізовано шляхи покращення роботи системи водопостачання на підприємствах агропромислового комплексу. Відзначається, що з метою раціонального та економного витрачання водних та енергетичних ресурсів на даних підприємствах в Інституті водних проблем та меліорації НААН запропоновано напрямок удосконалення замкнених систем водопостачання шляхом розробки високоефективних технологій очищення стічних вод та повторного використання останніх та їх осадів для технологічних потреб. Показано, що традиційні технології біологічного очищення стічних вод не забезпечують належної якості їх очистки, оскільки якість стоків від підприємств значно погіршилась унаслідок надходження до них шкідливих домішок (ксенобіотиків, іонів важких металів тощо), що перешкоджає ефективній роботі аеротенків. Науково обґрунтовано доцільність удосконалення технології «біоконвеєр» низхідним фільтруванням через волокнисте завантаження в біореакторах та висхідним фільтруванням води через плаваюче фільтрувальне завантаження в контактньо-прояснювальних фільтрах для підвищення ефективності процесів очистки стічних вод. Визначено, що даний метод забезпечує високу ефективність біологічного очищення стічних вод при зменшенні кількості осадів та відсутності зворотного активованого мулу, а отже зменшенні капітальних та експлуатаційних витрат. Запропонована технологія замкненого водопостачання на підприємствах агропромислового комплексу, яка передбачає розділення води, що подається споживачам, на технічну і питну, а також доповнення очисних споруд каналізації біореакторами і контактньо-прояснювальними фільтрами. У таких системах забезпечується мінімальний забір води з природних водних джерел при попередньому очищенні її безпосередньо у водоймі, максимальне використання очищених стічних вод та захист довкілля від забруднення такими водами.

Ключові слова: агропромисловий комплекс, біоконвеєр, біореактор, контактньо-прояснювальний фільтр, стічні води.

Актуальність. Нині в системах водного господарства спостерігаються явища зменшення потреби в кількості споживаної води, підвищуються вимоги до якості очищеної води, що подається споживачам, і паралельно погіршується якість природних водних ресурсів унаслідок прогресуючого їх забруднення неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами.

Для раціонального і економного використання водних ресурсів та захисту їх від забруднення стічними водами в Інституті водних проблем і меліорації НААН започатковано новий напрямок вирішення цієї проблеми шляхом застосування замкнених систем водопостачання на підприємствах агропромислового комплексу (АПК) [1; 2].

Переважне розташування в сільській місцевості підприємств дає можливість очищувати стічні води в таких специфічних спорудах як поля фільтрації, поля зрошення чи біоставки, оскільки стічні води підприємств не токсичні, насичені органічними домішками. Після очищення стоки такого якісного складу можна використовувати для зрошення, а осадки – для удобрення сільгоспкультур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Досягнення вчених у вивченні процесів окиснення при біологічному очищенні, аеробних процесів для очищення стічних вод та розробці методів розрахунку очисних споруд є переконливими. Як свідчить вітчизняний та закордонний досвід, доочистка біологічно очищених стічних вод забезпечує

отримання води дуже високої якості, придатної не тільки для скидання у будь-які відкриті водойми, але і для технічного водопостачання промислових підприємств [3–8]. На сучасному рівні розвитку техніки і технології доочистки можливе отримання зі стічних вод води питної якості, однак доочистка стічних вод потребує великих капітальних і експлуатаційних витрат: загальні витрати на очисній станції збільшуються приблизно на 30–100% і зростають із підвищенням ступеня видалення забруднень.

Мета дослідження – удосконалення замкненої системи водопостачання на підприємстві АПК спорудами для доочищення стічних вод.

Під час дослідження вирішували такі основні задачі:

- аналіз причин незадовільної роботи традиційних споруд для очистки стічних вод із їх сучасними якісними показниками;
- покращення технологічної схеми очищення стічних вод спорудами для доочищення;
- встановлення оптимальних конструктивних і технологічних параметрів роботи біореактора (БР) і контактено-прояснювального фільтра (КПФ) на основі досліджень роботи біоконвеєра;
- удосконалення раціональної технологічної схеми замкненого водопостачання на підприємстві АПК.

Матеріали і методи дослідження. Науково-практичні результати роботи отримано шляхом аналізу роботи станцій очистки стічних вод АПК в сучасних умовах їх якості та відомих методів удосконалення технологічної схеми біологічного очищення стічних вод.

При розробці замкнених систем водопостачання на підприємствах АПК використовували такі принципи:

- воду, що подається на підприємство, запропоновано розділити на технічну і питну, при цьому технічна вода повинна бути дешевою, а питна – високої якості;
- для очищення природних і стічних вод застосовувати природні механізми: видалення домішок, присутніх у воді, за допомогою мікроорганізмів та використання сил гравітації в процесах стисненого осідання домішок при висхідному русі води через плаваюче фільтрувальне завантаження;
- мінімізувати забір води з природних водних джерел за допомогою водозабірно-очисних споруд шляхом затримання значної частини домішок безпосередньо у природній водоймі з очисткою вихідної води до показників якості технічної води;

– стічну воду після її доочищення використовувати для технічного водопостачання на підприємствах АПК або для зрошення сільгоспкультур, а отримані осадки, після додаткової підготовки, перекачувати на сільськогосподарські поля для їх удобрення.

Результати дослідження та їх обговорення. Стічні води підприємств АПК з переробки сільськогосподарської продукції (сирзаводи, льонозаводи, м'ясокомбінати тощо) характеризуються як складна багатокомпонентна система, що містить велику кількість органічних колоїдних і розчинних речовин, сполуки азоту, фосфору та ін., вміст яких досягає: завислих речовин > 1000 мг/дм³, ХСК > 10000 мгО₂/дм³, БСК₅ > 6000 мгО₂/дм³, БСК_{повн} > 2000 мгО₂/дм³, азоту і фосфору ≤ 50 мг/дм³ [9–11].

Основним традиційним методом біологічного очищення стічних вод зазначеного якісного складу є оброблення їх в аеротенках після попереднього механізованого очищення в первинних відстійниках. При постійній аерації в аеротенках стоки очищаються складним гідробіоценозом – активованим мулом, потім вони надходять у вторинний відстійник, а після нього – на фільтри для доочищення.

Така технологія очистки стічних вод була запропонована та реалізована в Англії в 1914 році і відтоді принципово не змінилася, але дуже змінився склад стічних вод, радикально погіршилась їх якість [9; 12]. У них з'явилися стійкі до біорозкладу, невідомі раніше в природі, ксенобіотики, іони важких металів, що згубно впливають на гідробіонти активного мулу, призводять до його «спухання» та вимивання з вторинних відстійників, що стає причиною цілковитої нездатності очищувати такі стічні води.

В Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського колективом відділу мікробіології очищення води розроблено принципний підхід до проблеми біологічного очищення води під назвою «біоконвеєр», суть якого така [9; 12; 13]:

- система руху води повинна бути прямою;
- використання не лише бактерій, а максимально широкого кола гідробіонтів-очисників, починаючи з бактерій та водоростей, та закінчуючи хребетними, як це має місце в природних гідроценозах, та іммобілізація усіх мікроорганізмів на нерозчинних у воді насадках (носіях);
- слід створювати максимально можливу концентрацію та просторову сукцесію мікроорганізмів у всьому об'ємі БР.

Для здійснення просторової суспензії мікроорганізмів доцільно використовувати зафіксовані в споруді насадки з тонких волокнистих матеріалів – нитки джугути типу «ВІЯ», що виробляються з поліетилену, капрону і лавсану за ТУ 996990, мають велику питому площу поверхні (4000–5000 м²/м³), з діаметром волокна 1,5–2,5 мм [14]. Вони дуже міцні, стійкі до гідромеханічних навантажень, а при обростанні біомасою створюють доступні для інтенсивного масообміну зони.

Такі волокнисті матеріали, що використовуються як насадки для закріплення природних біоценозів із метою інтенсифікації процесів очищення природних і стічних вод від органічних, неорганічних та мікробіологічних домішок, допущені Міністерством охорони здоров'я в системах питного водопостачання. Вони здатні утримувати мікроорганізми, що беруть участь в очищенні води на БР, обов'язковим етапом роботи яких є напрацювання біомаси бактерій-деструкторів для ефективної роботи.

Використання волокнистих матеріалів у конструкції БР, що входить до складу біоконвеєра, має низку переваг порівняно з традиційною технологією біологічного очищення води:

– можна очищувати будь-які води, що містять розчинені органічні сполуки, навіть гранично токсичні за будь-яких концентрацій;

– у кожному окремому випадку можна отримувати очищену воду потрібної якості;
– вирішується проблема надлишкової біомаси.

БР повинні бути сконструйовані так, щоб швидкість руху води в них не перевищувала критичну, за якої змиваються з поверхні волокон прикріплені мікроорганізми, а з іншого боку була достатньою, щоб виносити з нього рештки біомаси, яка наросла і не прикріпилась до волокон.

З метою інтенсифікації процесів видалення органічних речовин із стічних вод слід використовувати послідовно анаеробні і аеробні БР з іммобілізованими мікроорганізмами на волокнистих носіях типу «ВІЯ» [9–13].

На основі експериментальних досліджень процесів затримання забруднень із стічних вод на БР із завантаженням типу «ВІЯ» встановлено, що ефективність очистки з двоступінчастою схемою роботи приблизно в 1,5 рази більша, ніж при одноступінчастій схемі [15; 16].

Ґрунтуючись на описаному підході до глибокого очищення стічних вод на підприємстві АПК (м'ясокомбінаті) збудовано і введено в експлуатацію очисну станцію в Рівненській області, технологічна схема якої показана на рисунку 1 [10].

Біологічна очистка стічних вод відбувається при двоступінчастій їх обробці на аноксидному і аеробному БР. Створенню аноксидних умов для денітрифікації стічних вод сприяє вміст

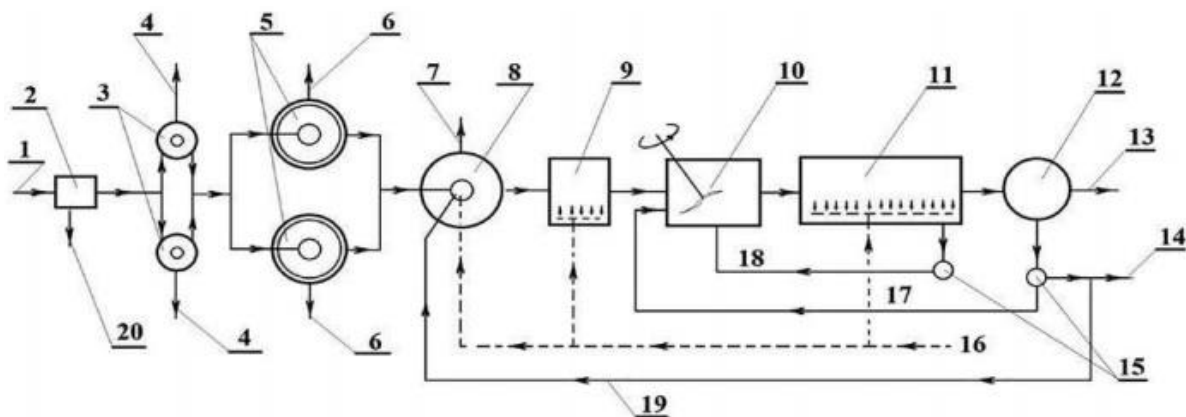


Рис. 1. Схема технології очищення стічних вод м'ясокомбінату [10]:

- 1 – подача стічних вод на очисні споруди; 2 – приймальна камера з решітками;
3 – пісковловлювачі з коловим рухом води; 4 – піщана пульпа на піскові майданчики;
5 – жироловлівачі; 6 – відведення затриманого жиру; 7 – відведення флоатційного шламу;
8 – біокоагулятор-флоататор; 9 – усереднювач із барботуванням повітрям; 10 – аноксидний біореактор; 11 – аеробний біореактор; 12 – вторинний відстійник; 13 – подача стічних вод на доочищення та знезараження; 14 – надлишковий активний мул на мулові майданчики;
15 – насос; 16 – подача повітря від повітродувної станції; 17 – зворотний активний мул із вторинного відстійника; 18 – трубопровід нітраційного рециклу; 19 – подача надлишкового активного мулу в біокоагулятор-флоататор; 20 – видалення крупнодисперсних домішок

нітритів (≤ 38 мг/дм³) і нітратів (≤ 60 мг/дм³). В аеробному БР відбувається окиснення органічних речовин аеробними мікроорганізмами при подачі в нього повітря. Доочистка стічних вод відбувається у вторинному відстійнику та при фільтруванні на установці доочистки. Осад з аеробного БР і вторинного відстійника скидається в резервуар мулової суміші, звідки подається в аноксидний БР, а далі перекачується на муловий майданчик.

Розглянута технологія має декілька недоліків:

- велика кількість надлишкового активованого мулу, що свідчить про недостатню мінералізацію присутніх у воді органічних домішок і призводить до необхідності його перекачування на мулові майданчики та значних експлуатаційних витрат;

- повернення зворотного активованого мулу в голову біологічного очищення стічних вод призводить до погіршення процесів очистки води [9];

- вторинний відстійник та фільтри установки доочищення стічних вод мають низьку ефективність очищення і призводять до збільшення капітальних та експлуатаційних витрат.

З метою підвищення ефективності очищення стічних вод на підприємствах АПК та зменшення витрат на будівництво і експлуатацію водоочисної станції пропонуються такі заходи:

- біологічні процеси очищення стічних вод при прямоточному русі їх послідовно на анаеробних та аеробних БР доповнити ще одним природним механізмом – висхідним рухом води через плаваюче фільтрувальне завантаження у КПФ, у підфільтровому просторі якого накопичується активний мул, що сприяє додатковому очищенню води, а стиснене осідання домішок призводить до їх укрупнення і випадання в осад;

- відмовитися від подачі зворотного активного мулу в голову водоочисних споруд;

- замість вторинного відстійника і установки для доочищення стічних вод застосувати КПФ із плаваючим (пінополістирольним або пінопластовим) фільтрувальним завантаженням.

Реалізація цих пропозицій показана на рисунку 2.

Стічні води після механічного очищення подаються послідовно у БР і КПФ (рис. 2).

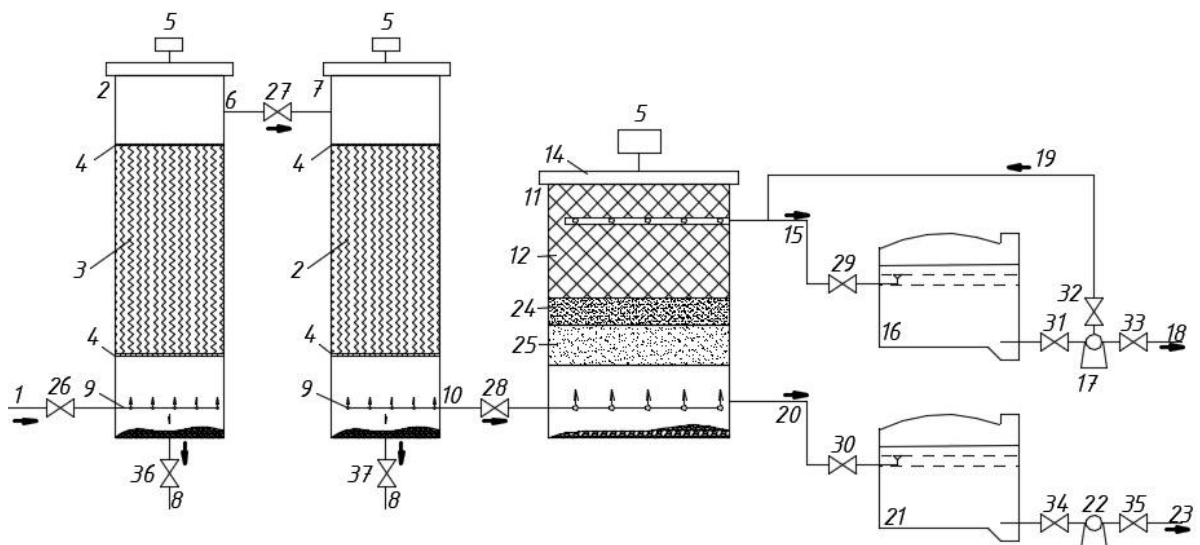


Рис. 2. Технологічна схема біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод:

- 1 – подача стічних вод після їх механічного очищення; 2 – анаеробний біореактор;
- 3 – волокнисте завантаження типу «ВІА»; 4 – колосникові решітки; 5 – повітроспускний пристрій;
- 6 – подача води в аеробний біореактор; 7 – аеробний біореактор; 8 – подача повітря;
- 9 – повітроспускна система; 10 – подача води на фільтр; 11 – контактний-прояснювальний фільтр; 12 – плаваюче пінополістирольне завантаження; 13 – ковпачковий дренаж;
- 14 – герметична кришка; 15 – відведення очищеної води; 16 – резервуар технічної води;
- 17 – насос технічної води; 18 – подача технічної води для повторного використання;
- 19 – подача технічної води для промивки фільтра; 20 – відведення осаду з фільтра;
- 21 – резервуар мулової суміші; 22 – муловий насос; 23 – подача мулової суміші на заорювання;
- 24 і 25 – мінімальна і максимальна, відповідно, кількість осаду в підфільтровому просторі фільтра; 26–37 – засівки

У БР відбувається мікробіологічне очищення господарсько-побутових стічних вод за допомогою анаеробних і аеробних мікроорганізмів, іммобілізованих на тонковолокнистому завантаженні «ВІА». Гази, що виділяються в процесі очистки, видаляються через повітровипускний елемент. У підфільтровому просторі КПФ накопичується осад з активного мулу, що приймає і очищує воду при її висхідному русі через плаваюче завантаження фільтра. Профільтрована вода збирається ковпачковим дренажем і відводиться в резервуар технічної води, звідки вона розподіляється на повторне використання.

Робота КПФ триває при зміні кількості осаду в його підфільтровому просторі відповідно від мінімальної до максимальної величини, значення яких при вибраній швидкості висхідного фільтрування води визначаються при пуско-налагоджувальних операціях на станції. Промивку КПФ здійснюють технічною водою.

Приклад застосування запропонованої технології в замкнутих системах водопостачання на підприємствах АПК наведено на рисунку 3 [17].

У зазначеній системі водопостачання на підприємстві АПК максимально використовують природні механізми очистки господарсько-побутових стічних вод від домішок із повторним використанням води і осадів при вирощуванні сільгоспкультур:

- мікроорганізми для мінералізації розчинених у воді органічних домішок;
- сили гравітації і явищ стисненого осідання завислих речовин у підфільтровому просторі КПФ;

- контактна коагуляція мікрочастинок при висхідному фільтруванні води через плаваюче завантаження та осад з активованого мулу;

- затримання значної частини завислих речовин, планктону і водоростей безпосередньо у природній водоймі при застосуванні відповідних водозабірно-очисних споруд [1];

- підготовка питної води в необхідній кількості і якості високоефективними спорудами.

Оптимальні конструктивні і технологічні параметри цих споруд визначаються по рекомендаціях, розроблених на основі проведених нами експериментальних досліджень [2; 16; 17].

Висновки. У нинішніх умовах посиленого антропогенного навантаження на водні

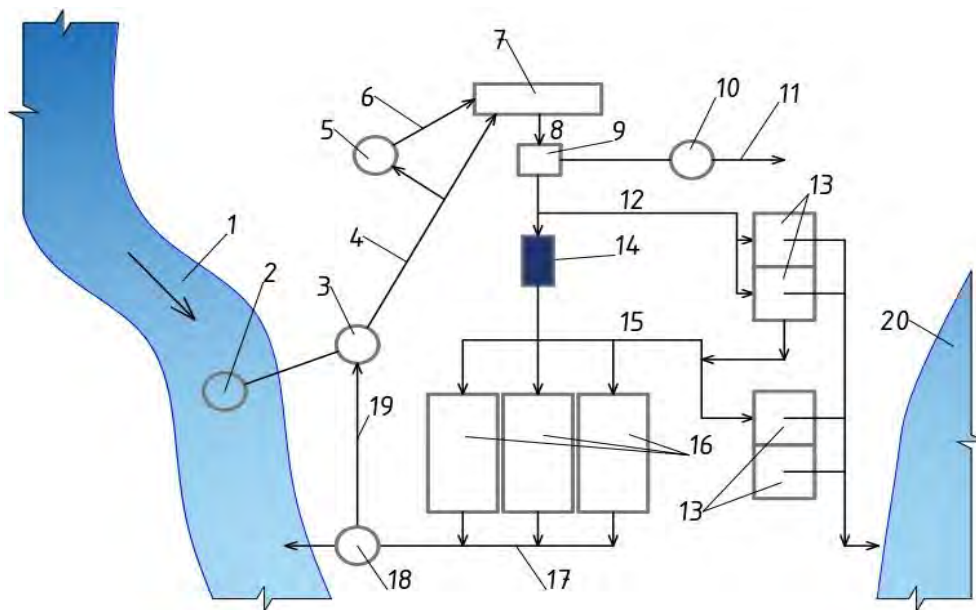


Рис. 3. Удосконалена замкнута система водопостачання на підприємствах АПК при використанні поверхневих вод:

1 – річка; 2 – фільтруючий оголовок; 3 – водозабірно-очисна споруда і насосна станція технічної води; 4 – подача технічної води; 5 – установка доочищення технічної води; 6 – подача питної води; 7 – підприємство агропромислового комплексу; 8 – скид стічних вод; 9 – споруди для механічної та біологічної очистки стічних вод; 10 – мулова насосна станція; 11 – скид осаду для заорювання; 12 – скид стоків після відстійників; 13 – поля фільтрації; 14 – установка доочищення стічних вод із біореактором і контактньо-прояснювальним фільтром; 15 – скид очищених стоків на поля зрошення і поля фільтрації; 16 – поля зрошення; 17 – скид очищених стоків для повторного використання; 18 – насосна станція оборотної води; 19 – подача оборотної води для технічних цілей; 20 – біостав

ресурси, збільшенні потреб у кількості споживаної води та підвищенні вимог до її якості важливе значення має раціональне і економне витрачання води та підвищення ефективності роботи водоочисних споруд. При вирішенні цієї проблеми в ІВПіМ НААН розроблено новий напрямок щодо створення замкнених систем водопостачання на підприємствах АПК, в основу якого покладено удосконалення технологій очистки природних і стічних вод із мінімізацією забору води з природних водних джерел та повторним використанням очищених стічних вод для технічного водопостачання та зрошення, а осаду для удобрення сілгоспекультур.

Аналіз роботи існуючих станцій очищення господарсько-побутових стічних вод показав їх недосконалість, оскільки нині в стічних водах з'явилися стійкі до біорозкладу речовини (ксенобіотики, іони важких металів), що згубно діють на гідробіоти активова-

ного мулу, призводять до його «спухання» та виносу з вторинних відстійників.

Для покращення процесу біологічної очистки стічних вод традиційну технологію водоочистки з аеротенками і вторинними відстійниками слід замінити біоконвеєром з БР і КПФ, що забезпечує високу ефективність очищення води з повним окисненням розчинених органічних речовин, мінімізацією осаду та простотою експлуатації (рис. 2).

У запропонованій системі замкнутого водопостачання на підприємствах АПК (рис. 3) наведено наукове обґрунтування раціонального використання води з оптимізацією очистки стічних вод при мінімізації забору свіжої води з природних джерел та захисті їх від забруднення. Подальші наукові розробки доречно виконувати в напрямку вивчення технологій і технічних рішень для повторного використання стічних вод у зрошенні та методів підготовки осадів для удобрення.

Бібліографія

1. Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука, 2008. 534 с.
2. Мосейчук Я.Б., Хоружий П.Д. Очистка воды в замкнутых системах водоснабжения на предприятиях агропромышленного комплекса // Хімія і технологія води. 2019. №4(270). С. 456–465.
3. Christiansen P., Hollesen L., Harremoes P. Liquid film diffusion of reaction rate in submergen biofilters. *Wat. Res.*, 1995. № 29(1). 947–952 p.
4. Chudova J., Dohanyos M., Wanner J. Biologicka cistení odpadnich vod. SNTL, 1991. 263 p.
5. Egli K., Bosshard F., Werlen C. et al. Microbial Composition and Structure of a Rotating Biological Contactor Biofilm Treating Ammonium-Rich Wastewater without Organic Carbon. *Microb Ecol* 45, 419–432 (2003). <https://doi.org/10.1007/s00248-002-2037-5>.
6. Hlavínek P., Novotný D. Intenzifikace čistíren odpadních vod. 2 vyd. BRNO: NOEL, 2000, 1996. 235 s.
7. Henze M., Harremoes P., Jansen C., Arwin E. Wastewater treatment: Biological and Chemical Processes, 4th Edition. Springer, 2002. 430 p.
8. Wilsenach J.A., van Bragt W.P., de Been P., van Loosdrecht M.C. Evaluation of separate urine collection and treatment to augment existing wastewater treatment works. *Water Sci Technol.* 2005. 52(4): 71–80. PMID: 16235748.
9. Гвоздяк П.І. Біохімія води. Біотехнологія води (автомонографія). Київ: Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2019. 228 с.
10. Саблій Л.А. Ефективні технології біологічного очищення стічних вод // Міжнародний конгрес та технічна виставка «ЕТЕВК-2019». 2019. С. 174–178.
11. Саблій Л.А., Бунчак О.М., Гвоздяк П.І. Дослідження кінетики процесів біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод шкірзаводів // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. 2010. Т. 3. № 5. С. 36–42.
12. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія охорони довкілля // Вісник НАН України. 2003. № 3. С. 29–36.
13. Гвоздяк П.І. Микробиологія і біотехнологія очистки води: Quo vadis? // Хімія і технологія води. 1989. 9, №9. С. 854–858.
14. Гвоздяк П.І. Насадка волокнистая «ВИЯ». Технические условия 996990. Киев: ИКХХВ АН УССР. 1989. 14 с.
15. Хоружий В.П., Недашковский І.П. Біологічна очистка стічних вод з використанням капронових ниток типу «Вія» і пінопласту // Збірник наукових праць НУВГП. 2008. 1(41). С. 291–296.

16. Недашковский И.П. Исследования процессов очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на установках с биореакторами и контактно-осветлительными фильтрами // Проблемы водоснабжения, водовідведення та гідравліки. 2010. 14. С. 126–136.

17. Мосейчук Я.Б. Возможности расширенного использования доочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод в системах замкнутого водопользования предприятий агропромышленного комплекса // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. 2020. №2(120). С. 55–58.

References

1. Khoruzhyi, P.D., Khomutetska, T.P., & Khoruzhyi, V.P. (2008). Resursozberihayuchi tekhnolohiyi vodopostachannya [Resource-saving water supply technologies]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
2. Mosiichuk, Y.B., & Khoruzhyi, P.D. (2019) Ochistka vodyi v zamknytyih sistemah vodosnabzheniya na predpriyatiyah agropromishlennogo kompleksa [Water cleaning in closed water supply systems on agricultural complex enterprises]. Khimiya i tekhnolohiya vody, 4, 456–465. [in Russian]
3. Christiansen, P., Hollesen, L., & Harremoes, P. (1995). Liquid film diffusion of reaction rate in submergen biofilters. Wat. Res, № 29(1), 947–952.
4. Chudova, J., Dohanyos, M., & Wanner, J. (1991). Biologicka cisteni odpadnich vod [Biological wastewater treatment]. SNTL. [in Czech]
5. Egli, K., Bosshard, F., Werlen, C. et al. (2003). Microbial Composition and Structure of a Rotating Biological Contactor Biofilm Treating Ammonium-Rich Wastewater without Organic Carbon. Microb Ecol 45, 419–432. <https://doi.org/10.1007/s00248-002-2037-5>.
6. Hlavínek, P., & Novotný, D. (2000, 1996). Intenzifikace čistíren odpadních vod. 2 vyd. [Intensification of wastewater treatment plants. 2 ed.]. BRNO: NOEL. [in Czech]
7. Henze, M., Harremoes, P., Jansen, C., & Arwin, E. (2002). Wastewater treatment: Biological and Chemical Processes, 4th Edition. Springer.
8. Wilsenach, J.A., van Bragt, W.P., de Been, P., & van Loosdrecht, M.C. (2005). Evaluation of separate urine collection and treatment to augment existing wastewater treatment works. Water Sci Technol. 52(4): 71–80. PMID: 16235748.
9. Gvozdyak, P.I. (2019). Biokhimiya vody. Biotekhnolohiya vody (avtomonohrafiya) [Biochemistry of water. Water biotechnology (autonography)]. Kyiv: Vydavnychiy dim «Kyievo-Mohylianska akademiia». [in Ukrainian]
10. Sablii, L.A. (2019). Efektyvni tekhnolohii biolohichnoho ochyshchenniya stichnykh vod [Effective biological treatment technologies of wastewater]. Mizhnarodnyi konhres ta tekhnichna vystavka «ETE VK-2019», 174–178. [in Ukrainian]
11. hichnoho ochyshchennia vysokokontsentrovanykh stichnykh vod shkirzavodiv [Research of kinetics of processes of biological treatment of highly concentrated sewage of tanneries]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dizainu. 5, 36–42. [in Ukrainian]
12. Gvozdyak, P.I. (2003). Za pryntsyom biokonveiera [By principle bioconveyer]. Visnyk NAN Ukrainy, 3. 29–36. [in Ukrainian]
13. Gvozdyak, P.I. (1989). Mikrobiologiya i biotekhnologiya ochistki vody: Quo vadih [Microbiology and biotechnology of water purification: Quo vadih]. Khimiya i tekhnologiya vody – Chemistry and technology of water, 9, 854–858. [in Ukrainian]
14. Gvozdyak, P.I. (1989). Nasadka voloknistaya «VIYa» [Nasadka voloknistaya «VIYa»]. Tehnicheskie usloviya 996990. Kiev: IKHHV AN USSR.
15. Khoruzhiy, V.P., & Nedashkovsky, I.P. (2008) Biolohichna ochystka stichnykh vod z vykorystanniam kapronovykh nytok typu «Viya» i pinoplastu [Biological wastewater treatment with the use of nylon threads of the type «Viya» and polyfoam]. Article in the collection of scientific works of NUVGP. 1(41), 291–296. [in Russian]
16. Nedashkovsky, I.P. (2010) Issledovaniya protsessov ochistki hozyaystvenno-byitovyih stochnyih vod na ustanovkah s bioreaktorami i kontaktno-osvetlitelnymi filtrami [Investigations of domestic wastewater treatment processes at installations with bioreactors and contact lighting filters]. Problems of water supply, drainage and hydraulics. 14, 126–136. [in Russian]
17. Mosiichuk, Y.B. (2020). Vozmozhnosti rasshirenogo ispolzovaniya doochischnnyih hozyiyastvenno-bitovyih stochnyih vod v sistemah zamknutogo vodopolzovaniya predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa [Opportunities for extended use of purified householdwastewater in closed systems water use of enterprises of the agro-industrial complex]. Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. Vodohozyaystvennoe stroitelstvo, teploenergetika i geoekologiya, 2(120), 55–58. [in Russian]

Я.Б. Мосейчук, П.Д. Хоружий, И.П. Недашковський
Совершенствование технологий замкнутого водоснабжения
на предприятиях агропромышленного комплекса

Аннотация. В статье проанализированы пути улучшения работы системы водоснабжения на предприятиях агропромышленного комплекса. Отмечается, что с целью рационального и экономного расходования водных и энергетических ресурсов на данных предприятиях в Институте водных проблем и мелиорации НААН предложено направление совершенствования замкнутых систем водоснабжения путем разработки высокоэффективных технологий очистки сточных вод и повторного использования очищенных сточных вод и их осадков для технологических нужд. Показано, что традиционные технологии биологической очистки сточных вод не обеспечивают надлежащего качества их очистки, поскольку качество стоков от предприятий значительно ухудшилось вследствие поступления в них вредных примесей (ксенобиотиков, ионов тяжелых металлов и т.д.), что препятствует эффективной работе аэротенков. Научно обоснована целесообразность совершенствования технологии «биоконвеер» нисходящим фильтрованием через волокнистые загрузки в биореакторах и восходящей фильтрацией воды через плавающую фильтровальную загрузку в контактно-осветлительных фильтрах для повышения эффективности процессов очистки сточных вод. Определено, что данный метод обеспечивает высокую эффективность биологической очистки сточных вод при уменьшении количества осадков и отсутствии обратного активированного ила, а, следовательно, уменьшение капитальных и эксплуатационных затрат. Предложена технология замкнутого водоснабжения на предприятиях агропромышленного комплекса, которая предусматривает разделение воды, подаваемой потребителям, на техническую и питьевую, а также дополнение очистных сооружений канализации биореакторами и контактно-осветлительными фильтрами. В таких системах обеспечивается минимальный забор воды из природных водных источников при предварительной очистке воды непосредственно в водоеме, максимальное использование очищенных сточных вод и защита окружающей среды от загрязнения сточными водами.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, биоконвеер, биореактор, контактно-осветлительный фильтр, сточные воды.

Y.B. Mosiichuk, P.D. Khoruzhyi, I.P. Nedahkovskiy
Improving the technology of closed water supply at agro-industrial enterprises

Abstract. The article analyzes the ways to improve the water supply system at agro-industrial enterprises. It is stated that the Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS proposed to improve closed water supply systems at these enterprises to spend water and energy rationally and economically by developing highly efficient wastewater treatment technology to reuse wastewater and its sediments for technological needs. It was specified that traditional technology of biological wastewater treatment do not ensure the proper treatment quality, as the quality of wastewater from enterprises has significantly deteriorated due to the inflow of harmful impurities (xenobiotics, heavy metal ions, etc.), which prevents the effective operation of aeration tanks. The practicability of improving the “bioconveyor” technology by downward filtration through fibrous loading in bioreactors and upward filtration through floating filter loading in contact and clarifying filters to increase the efficiency of wastewater treatment was scientifically substantiated. It was proved that this method provides high efficiency of biological wastewater treatment by reducing the amount of sediment and the absence of reverse activated sludge, and thus reducing capital and operating costs. The proposed technology of closed water supply at agro-industrial enterprises provides for the separation of water supplied to consumers into technical and drinking one, as well as supplements of sewage treatment plants with bioreactors and contact-clarifying filters. Such systems ensure a minimum intake of water from natural water sources having its preliminary treatment directly in water reservoir, maximum use of treated wastewater and protection of the environment against wastewater pollution.

Key words: agro-industrial complex, bioconveyor, bioreactor, contact-clarifying filter, wastewater.

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-242>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/242>

УДК 628.1

РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ НАПІВЕМПІРИЧНОЇ МОДЕЛІ З ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФІЛЬТРА ІЗ ЗЕРНИСТИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ

Д.В. Чарний¹, докт. техн. наук, Є.М. Мацелюк², канд. техн. наук, Ю.А. Онанко³, аспірант

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-6150-6433>; e-mail: dmitriych10@gmail.com

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
e-mail: evgen1523@ukr.net

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-7231-1188>; e-mail: yaonanko1@gmail.com

Анотація. Проведене обстеження системи водокористування державного підприємства, що займається переробкою сільськогосподарської продукції, дозволило встановити технологічні процеси, які спричиняють біообростання трубопроводів колоїдними включеннями (головним чином конгломератами фітопланктону з синьо-зелених водоростей). Впровадження заходів, які здатні захистити діючі технологічні споруди від потрапляння на них значних мас фітопланктону, є актуальною задачею, яка може бути вирішена за допомогою механічних фільтрів. Ефективність роботи попередніх фільтрів із зернистим фільтрувальним завантаженням дуже залежить від властивостей фільтруючого завантаження. У разі фільтрувального завантаження з гранул спіненого полістиролу харчових марок затримка фітопланктону відбувається доволі ефективно завдяки фізичній адсорбції конгломератів ціанобактерій на поверхні цих гранул. Шляхом застосування розробленої в ІВПіМ НААН напівемпіричної моделі здійснено вибір оптимальних конструктивних та технологічних параметрів фільтра з пінополістирольним завантаженням. Це дозволило розробити конструкцію прояснювального фільтра – затримувача фітопланктону для очистки оборотних вод підприємства Червонослобідський спиртзавод. Застосування розробленої конструкції фільтра дозволяє зменшити будівельні витрати та спрощує конструкцію фільтра, що своєю чергою, збільшує її надійність та загальний період експлуатації. Практичне застосування даного фільтра забезпечило необхідний рівень затримки клітин та конгломератів ціанобактерій з очищуваних вод. Дана конструкція відрізняється від стандартної збільшеною у 1,5 рази товщиною шару фільтрувального завантаження. Це дозволило у 2 рази подовжити тривалість фільтроциклу і, одночасно, не збільшило об'єм промивної води, тобто експлуатаційні витрати. Економічна ефективність наших розробок підтверджена порівнянням вартості впроваджених систем з ринковими пропозиціями – перевага наших систем становить понад 30%.

Ключові слова: водопідготовка, пінополістирол, зернисте завантаження, фільтрування, фітопланктон, напівемпірична модель.

Актуальність. У зв'язку з кліматичними змінами та провокованими ними пониженнями рівнів води в річках, а також унаслідок інтенсифікації розвитку фітопланктону відбулося суттєве підвищення, за рахунок органічних включень, каламутності води, яка подається на водоочисні споруди.

З метою недопущення біообростання трубопроводів вирішено передбачити можливість механічного вилучення подібних колоїдних включень (головним чином конгломератів фітопланктону з синьо-зелених водоростей). Відповідно, впровадження заходів, які здатні захистити діючі технологічні споруди від потрапляння на них значних мас фітопланктону, є актуальною задачею, яка може бути вирішена за допомогою фізико-

механічних чинників. До них належать зернисті попередні фільтри [1–6], які затримують фітопланктон за рахунок адсорбційної здатності фільтрувального завантаження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Було експериментально досліджено електродинамічні властивості колоїдів біологічного походження на прикладі фітопланктону (головним чином конгломератів ціанобактерій (синьо-зелених водоростей)), зразки якого були відібрані з поверхневих природних вод у районі Дніпровського водозабору м. Києва. Виміряне значення його ζ -потенціалу складало -13 мВ. Пінополістирол є хімічно інертним завантаженням із додатним ζ -потенціалом, що складає $+2$ мВ [7; 8]. Природний цеоліт-клінопти-

лоліт має від'ємне значення ζ -потенціалу, що дорівнює -33 мВ [9–11].

Прикріплення колоній ціанобактерій на твердих агарових поверхнях у чашках Петрі до полістирольних дисків описане як метод реплікації для виявлення гідрофобних мікроорганізмів [12]. Наші експериментальні дослідження підтвердили існування ефекту електростатичної адсорбції ціанобактерій до поверхні пінополістиролу [13]. Дані наукових досліджень свідчать про те, що гідрофобність досить важлива у життєвому циклі ціанобактерій [14]. Однак не можна стверджувати, що гідрофобність є єдиним механізмом адгезії ціанобактерій. Вже відомі наукові дослідження, які доводять значну роль полімерних мостів у процесі адгезії бактерій до твердих поверхонь. Види ціанобактерій, за якими спостерігається взаємне злипання, як при утворенні пучка в *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) *erythraea* або при утворенні великих колоніальних агрегатів (*Microcystis* sp.), можуть представляти ще один аспект здатності ціанобактерій чіплятися до твердої поверхні, у цих випадках – поверхні клітин подібних ціанобактерій. Гідрофобність у деяких ціанобактерій змінюється фенотипічно, як функція віку культури або у ціанобактерій, що формують гормогонії при перетворенні гормогоній у зрілі волокна. Певні види ціанобактерій можуть змінювати своє положення в товщі води у відповідь на менш оптимальні зовнішні умови, шляхом зміни своєї плавучості, за допомогою внутрішньоклітинних газових вакуолей або своїх гранул зберігання. Це може заважати процесу прокачування ціанобактерій через об'єм фільтра.

Мета досліджень полягає в практичному застосуванні розробленої напівемпіричної моделі для вибору оптимальних конструктивних та технологічних параметрів фільтра із зернистим завантаженням при конкретних якісних показниках очищуваних вод і умовах проведення процесу фільтрування. Для досягнення поставленої мети потрібно було експериментально підтвердити ефективність роботи зернистих фільтрів при конструктивних та технологічних параметрах, прийнятих із застосуванням розробленої математичної моделі на реально діючому підприємстві.

Матеріали і методи дослідження. Натурні та лабораторні експериментальні дослідження фізико-хімічних параметрів досліджуваних водних суспензій; фізико-математичне, емпіричне, теоретичне та напівемпіричне моделювання процесів фільтрування і очищення водних суспензій за допомогою фільтрувального завантаження з гранул пінополіс-

тиролу і цеолітового дрібняку; використання чисельних і аналітичних методів, а також алгоритмів оптимізації роботи нейронних мереж для визначення оптимальних конструктивних та технологічних параметрів фільтра із зернистим завантаженням; використання дослідних даних, отриманих у виробничих умовах, для апробації розробленої математичної моделі.

Результати дослідження. Для більшої наочності представлення отриманих результатів застосування напівемпіричної моделі процесу фільтрування водної суспензії через фільтр із зернистим завантаженням для поліпшення оборотного використання стічних вод Червонослобідського спиртзаводу у виробничому циклі підприємства було побудовано стереоекції розподілу параметрів оптимальності застосування фільтрів із досліджуваними зернистими завантаженнями, які представлено на рис. 1.

На стереоекції пінополістирольного фільтра спостерігається концентрація максимальних значень навколо центру стереоекції, тоді як на стереоекції цеолітового фільтра спостерігається розділення максимумів на 4 частини та їх розміщення на периферії даної стереоекції. Отже, за даних умов проведення математичного моделювання фільтр із пінополістирольним завантаженням є найбільш оптимальним для оборотного використання стічних вод Червонослобідського спиртзаводу.

Дані відмінності розподілів максимумів на модельних стереоекціях досліджуваних фільтрів пов'язані з тим, що на початковій стадії фільтрування водної суспензії, що містить ціанобактерії, більш ефективним є пінополістирольний фільтр. Причинами цього є різниця знаку ζ -потенціалу адсорбенту та адсорбату, а також особливості циклу життєдіяльності ціанобактерій, що прагнуть іммобілізуватися на рівній та твердій поверхні гранул пінополістиролу. Крім того, у випадку фільтрування ціанобактерій, цеолітове фільтрувальне завантаження потребує значно більших фінансових витрат на промивку та регенерацію і тому фільтр із ним є менш оптимальним.

Шляхом застосування розробленої напівемпіричної моделі процесу фільтрування водної суспензії через фільтр із зернистим завантаженням, при зазначених вище умовах фільтрування, була визначена оптимальна швидкість фільтрування 20 м/год, що підтверджується наведеним на рис. 2 графіком модельних та експериментальних значень залежності ефективності фільтрування C_f від зміни концентрації ціанобактерій C_u у фільтраті.

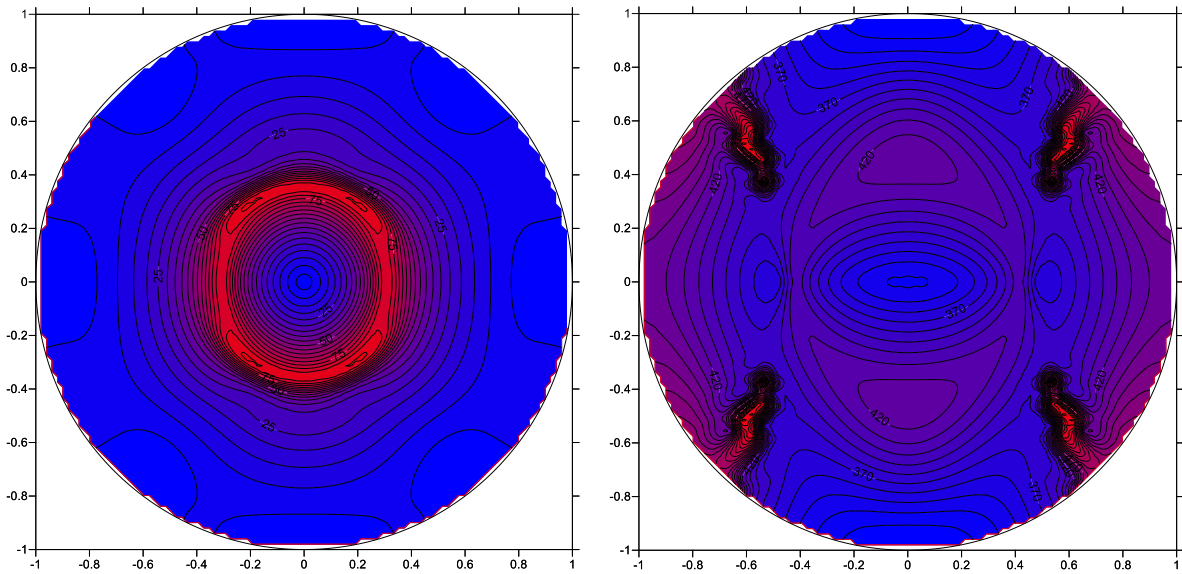


Рис. 1 Модельні стереоекції розподілу параметрів оптимальності застосування пінополістирольного (а) та цеолітового (б) фільтрів для оборотного використання стічних вод Червонослобідського спиртзаводу

Таке значення оптимальної швидкості фільтрування пов'язано з тим, що через пониження рівня води на водозаборі, крім фітопланктону, у фільтр можливе потрапляння суттєвих мас мулоподібних включень. Відповідно при витраті близько 120 м³/год отримаємо загальну площу фільтрів:

$$\omega = \frac{Q}{V} = \frac{120}{20} = 6 \text{ м}^2, \quad (1)$$

де ω – площа, м²; Q – витрата, м³/год; V – швидкість фільтрування, м/год. Відповідно, згідно із вимогами [15] одержуємо необхідність у двох робочих фільтрах діаметром 2 м.

Отже, застосування розробленої напівемпіричної моделі процесу фільтрування водної суспензії через фільтр із зернистим завантаженням дозволило визначити оптимальні конструктивні та технологічні параметри фільтрів для механічного вилучення клітин

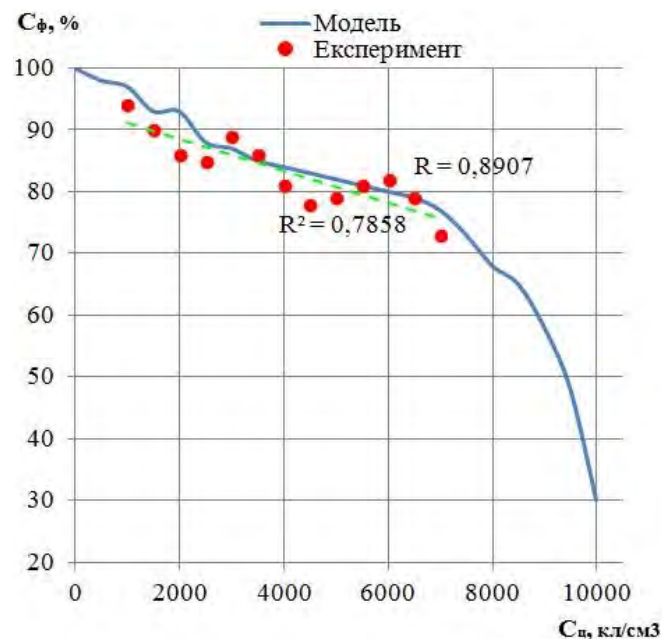


Рис. 2 Модельні та експериментальні значення залежності ефективності фільтрування C_ϕ від зміни концентрації ціанобактерій C_ψ у фільтраті

фітопланктону із води, що використовується в процесі оборотного використання стічних вод Червонослобідського спиртзаводу. Визначені таким чином оптимальні значення основних конструктивних та технологічних параметрів процесу фільтрування водної суспензії через фільтр із зернистим завантаженням наведено у таблиці 1.

На основі визначених конструктивних та технологічних параметрів було розроблено та спроектовано конструкцію прояснювального фільтра-затримувача фітопланктону для оборотного використання стічних вод Червонослобідського спиртзаводу. У нижній частині фільтра розміщують нижню дренажу систему у вигляді несправжнього

дна, обладнаного шпаровими ковпачками. Вона забезпечує надходження вихідної води на фільтрування і скид промивної води під час промивки фільтра. Гранули фільтрувального завантаження утримуються від спливання несправжнім дном верхнього дренажу, що обладнане зворотними фільтрами – шпаровими ковпачками. Відфільтрована вода збирається в надфільтровому просторі між несправжнім дном і верхньою частиною корпусу фільтра, звідки трубопроводом надходить до споживачів.

Викладена суть конструкції фільтра пояснюється кресленням (рис. 3), на якому показаний запропонований напірний фільтр. Напірний фільтр змонтовано у герметичному

1. Значення основних конструктивних та технологічних параметрів фільтрів, визначені шляхом застосування розробленої напівемпіричної моделі

№ п/п	Назва параметра	Одиниця виміру	Значення
1	швидкість фільтрування	м/год	20
2	діаметр гранул фільтруючого шару	мм	2,0...5,0
3	товщина фільтруючого шару	м	1,5
4	інтенсивність подачі промивної води	л/(с·м ²)	10...12
5	тривалість промивки	хв	2...3

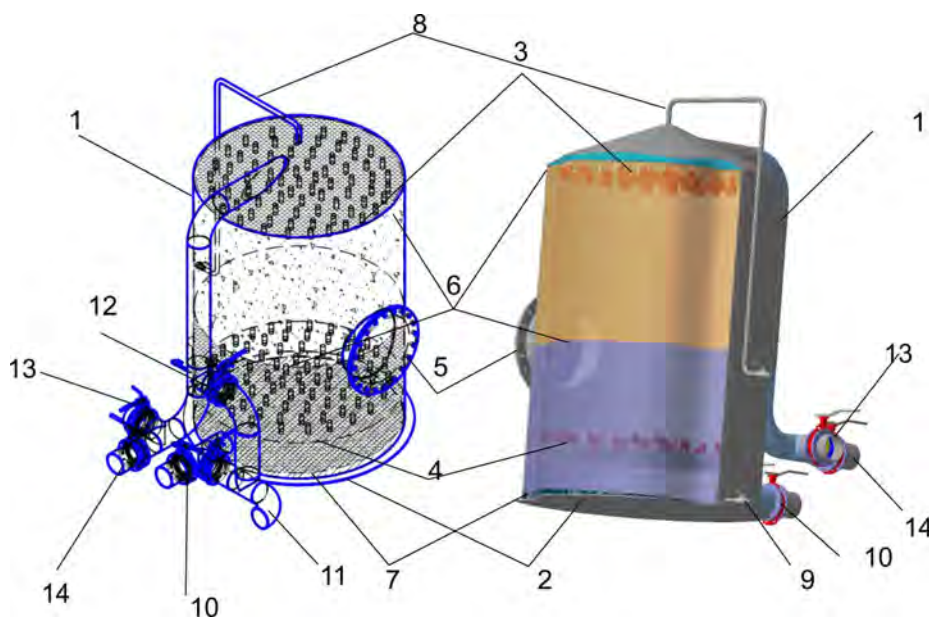


Рис. 3 Схема розробленого прояснювального фільтра-затримувача фітопланктону для оборотного використання стічних вод Червонослобідського спиртзаводу:

1 – верхня конусна або еліптична частина; 2 – днищева плита фільтра; 3 – верхній дренаж фільтра у вигляді несправжнього дна зі шпаровими ковпачками; 4 – нижній дренаж фільтра у вигляді несправжнього дна зі шпаровими ковпачками; 5 – монтажний люк; 6 – фільтрувальне завантаження з гранул пінополістиролу; 7 – бетонна підливка на днищевій плиті для забезпечення ухилу для скиду застійної води під несправжнім дном; 8 – лінія відведення повітря; 9 – лінія сезонного скиду застійних вод з-під нижнього несправжнього дна; 10 – лінія надходження вихідної води із джерела водопостачання; 11 – лінія скиду промивної води; 12 – лінія скиду першого фільтрату; 13 – лінія надходження води на промивку; 14 – лінія відводу фільтрату на виробництво

циліндричному корпусі з верхньою конусною або еліптичною частиною 1 і нижньою днищевою плитою 2 із захисною бетонною підливкою 7. У верхній і нижній частинах корпусу розміщено верхнє 3 і нижнє 4 несправжнє дно з встановленими шпаровими ковпачками. У боковій частині корпусу розміщено монтажний люк 5. У середині корпусу, між верхнім і нижнім дном, розташовується шар із гранул фільтруючого завантаження 6. У надфільтровий простір – проміжок між верхнім несправжнім дном і конусною частиною фільтра введено трубопровід 14 для відведення очищеної води і забезпечення надходження промивної води.

Для введення у фільтр вихідної води і скиду промивної води в підфільтровий проміжок між днищевою плитою 2 і нижнім несправжнім дном 4 введено трубопровід 10. Скид першого фільтрату після промивки фільтра здійснюється по лінії 12. Відвід газів і повітря з фільтра здійснюється за допомогою трубопроводу 8, введеного у верхню частину конусної кришки фільтра. Відведення застійної води з підфільтрового простору здійснюється по лінії 9.

Напірний фільтр працює так: вихідна вода 10 через нижнє несправжнє дно 4 надходить у фільтрувальну камеру, де вона проходить крізь фільтрувальне завантаження 6. Оскільки переважна більшість колоїдів у вихідній воді, в тому числі і конгломерати ціанобактерій (синьо-зелені водорості), мають від'ємний заряд ζ -потенціалу, а поверхні гранул фільтрувального матеріалу мають позитивний заряд ζ -потенціалу, то відповідно до закону Кулона активно відбуваються процеси електростатичної адсорбції цих колоїдів на поверхні гранул фільтруючого завантаження 6. Відспливання гранули фільтруючого завантаження 6 утримуються за допомогою несправжнього дна 3, обладнаного зворотними фільтрами у вигляді шпарових ковпачків, розмір перфорації яких менший за діаметр гранул фільтрувального завантаження. Очищена завдяки процесам фізичної адсорбції вода збирається у надфільтровому просторі. Звідти по лінії 14 вода надходить до споживачів.

В процесі фільтрування затримуюча здатність фільтруючого завантаження 6 зменшується і виникає необхідність відновлення адсорбуючої спроможності фільтра. Ця проблема вирішується шляхом зняття адсорбованої на поверхні гранул фільтруючого завантаження 6 колоїдної плівки за рахунок механічного тертя, яке виникає в процесі зворотної промивки фільтруваль-

ного матеріалу в турбулентному потоці води. Турбулентний режим формується при необхідній інтенсивності промивання. Промивна вода потрапляє у верхній напірний колектор 14 по лінії 13. Далі вода проходить крізь зворотні фільтри несправжнього дна 3, розширює шар фільтрувального завантаження 6 та утворює турбулентний режим потоку. Він забезпечує інтенсивне механічне тертя поверхонь гранул одна об одну і, таким чином, знімає утворену колоїдну плівку з поверхонь гранул. Частки колоїдної плівки разом із потоком води виносяться з шару фільтрувального завантаження 6 і крізь шпарини ковпачків нижнього несправжнього дна 4 скидаються по трубопроводу 11. Після промивки фільтр знову переводиться в режим фільтрування і перший фільтрат скидається по лінії 12 у трубопровід скиду дренажної води 11. Після скиду першого фільтрату фільтр переключається в режим подачі фільтрату по лінії 14. Після промивки газу, що накопичилися в процесі роботи фільтра, скидаються відкриттям крану на лінії 8. На період тривалої зупинки воду з мертвої зони підфільтрової частини фільтра скидають за допомогою відкриття крану 9.

Застосування конструкції дренажу фільтра із верхнім та нижнім несправжнім дном дозволяє урівноважити та збалансувати гідродинамічний тиск водяного потоку всередині напірного фільтра. Крім того, такий конструктивний підхід зменшує будівельні витрати та спрощує конструкцію фільтра, що своєю чергою, збільшує її надійність та загальний період експлуатації.

Практичне застосування даного фільтра забезпечило необхідний рівень затримки клітин та конгломератів ціанобактерій з очищуваних вод. Ця конструкція відрізняється від стандартної збільшеною у 1,5 рази товщиною шару фільтрувального завантаження, що дозволило у 2 рази подовжити тривалість фільтроциклу і, одночасно, не збільшило об'єм промивної води, тобто експлуатаційні витрати.

Станом на 02.07.2020 р. капітальні витрати на спорудження фільтрів, розроблених за допомогою напівемпіричної моделі, склали близько 844482,54 грн. А річні експлуатаційні витрати становили близько 638604 грн. без врахування витрат на оплату роботи обслуговуючого персоналу. Відповідно, питомі експлуатаційні річні витрати на 1 м³ води становили – 0,61 грн./м³. При порівнянні з ринковими пропозиціями механічних фільтрів встановлено, що мінімальні приведені витрати забезпечує пінополістирольний

фільтр – затримувач фітопланктону. А річний економічний ефект від його використання становить – $EE = 1102,95683 - 765,27638 = 337,68045$ (тис. грн.).

Висновки. Результати розрахунків при використанні розробленої напівемпіричної моделі добре корелюють із нашим практичним досвідом розробки фільтрів із зернистим завантаженням.

За результатами застосування розробленої напівемпіричної моделі визначено конструктивні та технологічні параметри зернистих фільтрів для оборотного викори-

стання стічних вод спиртзаводу, що стали основою розробки нової конструкції фільтра для очистки води від клітин та колоній ціано-бактерій. Експериментально підтверджено високу ефективність роботи розробленої конструкції прояснювального фільтра – затримувача фітопланктону.

Застосування розробленого фільтра підвищує економічну ефективність оборотного використання стічних вод Червонослобідського спиртзаводу в 1,3–1,5 рази порівняно з ринковими пропозиціями механічних фільтрів.

Бібліографія

1. Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ : Аграрна наука, 2008. 534 с.
2. Журба М.Г. Водоочистные фильтры с плавающей загрузкой. Москва, 2011. 536 с.
3. Мосійчук Я.Б., Хоружий В.П. Раціональні конструктивні і технологічні параметри установок для доочищення стічних вод у сільській місцевості // Меліорація і водне господарство. Київ, 2019. Т. 109, № 1. С. 74–81.
4. Martynov S., Kunytskiy S., Orlova A. A simulation study of surface water purifying through a polystyrene foam filter // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 5, № 10(89). P. 19–26.
5. Мартинов С.Ю., Орлова А.М., Куницький С.О. Пінополістирольні фільтри в схемах контактного знезалізнення води // Науковий вісник будівництва. Харків, 2017. Т. 87, № 1. С. 148–151.
6. Квартенко О.М. Дослідження процесу знезалізнення підземних вод на фільтрах з різними типами наповнювачів // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. Київ, 2013. № 22. С. 46–56.
7. Greven A.-C., Merk T., Karagöz F. Polycarbonate and polystyrene nanoplastic particles act as stressors to the innate immune system of fathead minnow (*Pimephales promelas*): Nanoplastics' effect on the immune system of fish // Environmental Toxicology and Chemistry. 2016. Vol. 35, № 12. P. 3093–3100.
8. Чарний Д.В., Онанко Ю.А. Аналіз електростатичних властивостей пінополістирольного фільтрувального завантаження // Меліорація і водне господарство. Київ, 2019. Т. 110, № 2. С. 167–174.
9. Ozkan A. Investigation of coagulation and electrokinetic behaviors of clinoptilolite suspension with multivalent cations. Separation Science and Technology. 2017. Vol. 53. № 5. P. 823–832.
10. Kuzniatsova T. Zeta potential measurements of zeolite Y: application in homogeneous deposition of particle coatings. Microporous and Mesoporous Materials. 2007. Vol. 103. № 1–3. P. 102–107.
11. Jinkeun Kim. Characteristics of zeta potential distribution in silica particles. Bulletin of the Korean Chemical Society. 2005. Vol. 26. № 7. P. 1083–1089.
12. Rosenberg M. Bacterial adherence to polystyrene: a replica method of screening for bacterial hydrophobicity. Applied and Environmental Microbiology. 1981. Vol. 42. № 2. P. 375–377.
13. Onanko A.P., Kuryliuk V.V., Onanko Y.A., Kuryliuk A.M. Peculiarity of elastic and inelastic properties of radiation cross-linked hydrogels. Journal of Nano- and Electronic Physics. 2020. Vol. 12. № 4. P. 04026-1-04026-5.
14. Fattom A., Shilo M. Hydrophobicity as an Adhesion Mechanism of Benthic Cyanobacteria. Applied and Environmental Microbiology. 1984. Vol. 47. P. 135–143.
15. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с.

References

1. Khoruzhyi, P.D., Khomutetska, T.P., & Khoruzhyi, V.P. (2008). Resursozberihayuchi tekhnolohiyi vodopostachannya. [Resource-saving water supply technologies]. Kiev: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]

2. Zhurba, M.H. (2011). Vodoochistnyye fil'try s plavayushchey zagruzkoy [Water purification filters with floating load]. Moscow. [in Russian]
3. Mosiichuk, Y.B., & Khoruzhyi, V.P. (2019). Ratsional'ni konstruktyvni i tekhnolohichni parametry ustanovok dlya doochyshchennya stichnykh vod u sil's'kiy mistsevosti [Rational construction and technological parameters of water treatment facilities in rural areas]. Melioratsiya i vodne hospodarstvo – Land reclamation and water management, 109(1), 74–81. Kiev. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/mivg201901-167>.
4. Martynov, S., Kunytskyi, S., & Orlova, A. (2017). A simulation study of surface water purifying through a polystyrene foam filter. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(10(89)), 19–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109841>.
5. Martynov, S.Y., Orlova, A.M., & Kunytskyi, S.O., (2017). Pinopolistyrol'ni fil'try v skhemakh kontaktnoho znezalznennya vody [Polystyrene foam filters in contact water deironing schemes]. Naukovyy visnyk budivnytstva – Scientific Bulletin of Construction, 87(1), 148–151. Kharkiv. [in Ukrainian]
6. Kvarthenko, O.M. (2013). Doslidzhennya protsesu znezalznennya pidzemnykh vod na fil'trakh z riznyimi typaramy napovnyuvachiv [Investigation of the process of groundwater deironing on filters with different types of fillers]. Problemy vodopostachannya, vodovidvedennya ta hidravliky – Problems of water supply, sewerage and hydraulic, 22, 46–56. Kiev. [in Ukrainian]
7. Greven, A.-C., Merk, T., & Karagöz, F. (2016). Polycarbonate and polystyrene nanoplastic particles act as stressors to the innate immune system of fathead minnow (*Pimephales promelas*): Nanoplastics' effect on the immune system of fish. Environmental Toxicology and Chemistry, 35(12), 3093–3100. <https://doi.org/10.1002/etc.3501>.
8. Charnyi, D.V., & Onanko, Yu.A. (2019). Analiz elektrostatychnykh vlastyvostey pinopolistyrol'noho fil'truval'noho zavantazhennya [Analysis of electrostatic properties of polystyrene foam filtration media]. Melioratsiya i vodne hospodarstvo – Land reclamation and water management, 110(2), 167–174. Kiev. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/mivg201902-183>.
9. Ozkan, A., Sener, A., & Ucbeyiay, H. (2017). Investigation of coagulation and electrokinetic behaviors of clinoptilolite suspension with multivalent cations. Separation Science and Technology, 53(5), 823–832. <https://doi.org/10.1080/01496395.2017.1380669>.
10. Kuzniatsova, T., Kim, Y., Shqau, K., Dutta, P. K., & Verweij, H. (2007). Zeta potential measurements of zeolite Y: Application in homogeneous deposition of particle coatings. Microporous and Mesoporous Materials, 103(1–3), 102–107.
11. Jinkeun Kim, & Desmond F. Lawler. (2005). Characteristics of Zeta Potential Distribution in Silica Particles. Bulletin of the Korean Chemical Society, 26(7), 1083–1089. <https://doi.org/10.5012/bkcs.2005.26.7.1083>.
12. Rosenberg, M. (1981). Bacterial adherence to polystyrene: a replica method of screening for bacterial hydrophobicity. Applied and Environmental Microbiology, 42(2), 375–377.
13. Onanko, A.P., Kuryliuk, V.V., Onanko, Y.A., & Kuryliuk, A.M. (2020). Peculiarity of elastic and inelastic properties of radiation cross-linked hydrogels. Journal of Nano- and Electronic Physics, 12(4), 04026-1-04026-5. [https://doi.org/10.21272/jnep.12\(4\).04026](https://doi.org/10.21272/jnep.12(4).04026).
14. Fattom, A., & Shilo, M. (1984). Hydrophobicity as an Adhesion Mechanism of Benthic Cyanobacteria. Applied and Environmental Microbiology, 47, 135–143.
15. Vodopostachannya. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennya proektuvannya [Water-supply. External networks and buildings fundamental designing statements]. (2013). DBN V.2.5-74:2013. From 01th January 2014. Kyiv: Ministerstvo rehional'noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrayiny. [in Ukrainian]

Д.В. Чарный, Е.М. Мацелюк, Ю.А. Онанко

Результаты апробации полужемпирической модели по выбору оптимальных конструктивных и технологических параметров фильтра с зернистой загрузкой

Аннотация. Проведенное обследование системы водопользования государственного предприятия, занимающегося переработкой сельскохозяйственной продукции, позволило установить технологические процессы, вызывающие биообрастание трубопроводов коллоидными включениями (главным образом конгломератами фитопланктона из сине-зеленых водорослей). Внедрение мероприятий, которые способны защитить действующие технологические сооружения от попадания на них значительных масс фитопланктона, является актуальной задачей, которая может быть решена с помощью механических фильтров. Эффективность работы предварительных фильтров

с зернистой фильтрующей загрузкой сильно зависит от свойств фильтрующей загрузки. В случае фильтрующей загрузки из гранул вспененного полистирола пищевых марок задержка фитопланктона происходит достаточно эффективно благодаря физической адсорбции конгломератов цианобактерий на поверхности этих гранул. Путем применения разработанной в ИВПиМ НААН полумпирической модели осуществлен выбор оптимальных конструктивных и технологических параметров фильтра с пенополистирольной загрузкой. Это позволило разработать конструкцию осветительного фильтра – задержателя фитопланктона для очистки оборотных вод предприятия Червонослободский спиртзавод. Применение разработанной конструкции фильтра позволяет уменьшить строительные расходы и упрощает конструкцию фильтра, что, в свою очередь, увеличивает ее надежность и общий период эксплуатации. Практическое применение данного фильтра обеспечило необходимый уровень задержки клеток и конгломератов цианобактерий из очищаемых вод. Данная конструкция отличается от стандартной увеличенной в 1,5 раза толщиной слоя фильтрующей загрузки. Это позволило в 2 раза увеличить продолжительность фильтроцикла и, одновременно, не увеличило объем промывной воды, то есть эксплуатационные расходы. Экономическая эффективность наших разработок подтверждена сравнением стоимости внедренных систем с рыночными предложениями - преимущество наших систем составляет более 30%.

Ключевые слова: водоподготовка, пенополистирол, зернистая загрузка, фильтрование, фитопланктон, полумпирическая модель.

D.V. Charnyi, E.M. Matseliuk, Yu.A. Onanko

Results of the evaluation of the semi-empirical model on the selection of optimal constructive and technological parameters for a granulated loading filter

Abstract. A survey of the water use system at a state-owned enterprise processing agricultural products revealed the technological processes that cause biofouling of pipelines by colloidal inclusions (mainly phytoplankton conglomerates of blue-green algae). The implementation of measures that can protect existing technological structures against the ingress of significant masses of phytoplankton is an urgent task that can be solved with the help of mechanical filters. The efficiency of previous granulated loading filters depends very much on the properties of the filter loading. When filter loading is made of foamed polystyrene granules of food brands, phytoplankton retention is quite effective due to the physical adsorption of cyanobacteria conglomerates on the surface of these granules. By applying the semi-empirical model developed in IWPLR of NAAS, the optimal design and technological parameters of the filter with foam polystyrene loading were selected. That enabled to develop the design of a clarifying filter - a phytoplankton retainer for the treatment of circulating water at the enterprise Chervonoslobidsky distillery. The application of the developed filter design allows reducing the construction costs and simplifies the filter design, which in turn increases its reliability and overall service life. The practical application of this filter provided the required degree of retention of cyanobacteria cells and conglomerates from the treated water. This filter design differs from the standard with a 1.5 times increased filter loading layer. This enabled to double the duration of a filter cycle and, at the same time, did not increase the volume of flushing water, i.e. operating costs. The economic efficiency of our developments is proved by comparing the cost of implemented systems with market offers - the advantage of our systems is over 30%.

Key words: water treatment, foam polystyrene, granulated loading, filtration, phytoplankton, semi-empirical model.

ЗМІСТ

ВОДНІ РЕСУРСИ

Ромашенко М.І., Савчук Д.П., Шевченко А.М., Бабіцька О.А., Рябцев М.П., Харламов О.І., Котикович І.В. Захист селища Нова Маячка Олешківського району Херсонської області від шкідливої дії вод.....	5
Вишневський В.І., Москвіна І.М. «Цвітіння» води в Кам'янському водосховищі.....	16
Мєдведєва О.О. Оцінка ефективності роботи дренажних систем у межах Десантненської сільської ради Кілійського району Одещини.....	23

ЗРОШЕННЯ – ОСУШЕННЯ

Ромашенко М.І., Шатковський А.П., Васюта В.В., Журавльов О.В., Усатий С.В., Усата Л.Г., Овчатов І.М. Стан і перспективи застосування мікрозрошення в умовах змін клімату.....	31
Жовтоног О.І., Поліщук В.В., Філіпенко Л.А., Салюк А.Ф., Бутенко Я.О., Чорна К.І. Дослідження прояву посухи та її впливу на тепловий режим вегетаційної поверхні сільськогосподарських культур при зрошенні.....	39
Дудченко К.В., Петренко Т.М., Флінта О.І., Дацюк М.М. Моделювання та прогнозування режиму ґрунтових вод для рисових систем, як одного з головних показників меліоративного стану території.....	49

АГРОРЕСУРСИ

Тараріко Ю.О., Сорока Ю.В., Сайдак Р.В. Кліматичні зміни та економічна ефективність аграрного виробництва в степовій зоні.....	56
Кудря С.І. Вплив гідротермічних умов на агрофізичні властивості чорнозему типового та продуктивність сівозмін у системі органічного землеробства.....	70
Люсак А.В., Ніколайчук К.М. Проблеми та напрями вдосконалення системи моніторингу земель в Україні.....	81
Воропай Г.В., Молеца Н.Б., Мозоль Н.В., Стецюк М.Г., Зосимчук М.Д. Основні технологічні параметри вирощування високопродуктивних кормових культур на осушуваних землях гумідної зони України.....	89

ГІДРОЛОГІЯ

Козицький О.М., Шевчук С.А., Шевченко І.А., Логунова Н.В. Причини пониження рівня озера Синє та заходи щодо покращення його екологічного стану.....	101
Вишневський В.І., Шевчук С.А., Козицький О.М. Гідроекологічні особливості водойм Жукового острова в Києві.....	112

ГІДРОТЕХНІКА

Попов В.М., Таргоній М.М., Сорока Н.В. Ефективність модернізації внутрішньогосподарської зрошувальної мережі за принципами саморегулювання.....	119
--	-----

Левчук А.П., Максін В.І. Використання адаптивного підходу до розробки системи очищення води.....	126
Клімов С.В., Білецький А.А., Клімова А.В. Особливості формування програмних результатів навчання здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології».....	136
Мосійчук Я.Б., Хоружий П.Д., Недашковський І.П. Удосконалення технологій замкнутого водопостачання на підприємствах агропромислового комплексу.....	146
Чарний Д.В., Мацелюк Є.М., Онанко Ю.А. Результати апробації напівемпіричної моделі з вибору оптимальних конструктивних та технологічних параметрів фільтра із зернистим завантаженням.....	154

CONTENTS

WATER RESOURCES

- Romashchenko M.I., Savchuk D.P., Shevchenko A.M., Babitska O.A., Ryabtsev M.P., Kharlamov O.I., Kotykovych I.V.**
Protection of Nova Mayachka village of Oleshky district in Kherson region against the harmful effects of water..... 5
- Vyshnevskiy V.I., Moskvina I.M.**
Algae blooming in the Kamianske Reservoir.....16
- Miedviedieva O.O.**
valuation of the effectiveness of drainage systems within the Desantne Village Council in Kiliya district of Odessa region.....23

IRRIGATION-DRAINAGE

- Romashchenko M.I., Shatkovskiy A.P., Vasiuta V.V., Zhuravlov O.V., Usaty S.V., Usata L.G., Ovchatov I.M.**
State and prospects of microirrigation' application in the context of climate change..... 31
- Zhovtonog O.I., Polishchuk V.V., Filipenko L.A., A.F. Saliuk, Butenko Ya.O., Chorna K.I.**
Study of drought manifestation and its effect on the thermal regime of vegetation surface of crops under irrigation.....39
- Dudchenko K.V., Petrenko T.M., Flinta O.I., Datsuk M.M.**
Modeling and forecasting of groundwater regime for rice systems as one of the main indicators of meliorative state of the territory.....49

AGRO RESOURCES

- Tararico Yu.O., Soroka Yu.V., Saidak R.V.**
Climate change and economic efficiency of agricultural production in the Steppe zone.....56
- Kudria S.I.**
Effects of hydrothermal conditions on agrophysical properties of typical chernozem and crop rotation productivity in the system of organic farming..... 70
- Lysak A.V., Nikolaichuk K.M.**
Problems and areas to improve a land monitoring system in Ukraine.....81
- Voropay G.V., Molescha N.B., Mozol N.V., Stetsiuk M.G., Zosimchyk M.D.**
The main technological parameters of growing highly productive fodder crops on the drained lands of the humid zone of Ukraine.....89

HYDROLOGY

- Kozytskyi O.M., Shevchuk S.A., Shevchenko I.A., Logunova N.V.**
Factors of lowering the Lake Syne level and measures to improve its ecological state..... 101
- Vyshnevskiy V.I., Shevchuk S.A., Kozytskyi O.M.**
Hydroecological features of water bodies within Zhukiv island in Kyiv.....112

HYDRAULIC ENGINEERING

- Popov V.M., Targoni M.M., Soroka N.V.**
The efficiency of modernization of the on-farm irrigation network based on the principle of self-regulation..... 119

Levchuk A.P., Maksin V.I. Using an adaptive approach to the development of water purification system.....	126
Klimov S.V., Beletsky A.A., Klimova A.V. Features of formation of training program results for the applicants of the first (bachelor's) level of higher education on a specialty «Hydraulic engineering, water engineering and water technologies».....	136
Mosiichuk Y.B., Khoruzhyi P.D., Nedahkovskiy I.P. Improving the technology of closed water supply at agro-industrial enterprises.....	146
Charnyi D.V., Matseliuk E.M., Onanko Yu.A. Results of the evaluation of the semi-empirical model on the selection of optimal constructive and technological parameters for a granulated loading filter.....	154

Наукове видання

Меліорація
і водне господарство

№ 2 • 2020

Журнал
Заснований у 1965 році

(випуск 112)

Виконавчі редактори – Т.І. Трошина, Н.В. Логунова, К.Б. Шатковська, О.П. Войтович

Підписано до друку 15.12.2020 року.
Формат 60x84/8. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсет. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 19,29. Обл. вид. арк. 14,52.
Замов. № 42/1220. Наклад 100 прим.

Видавництво та виготовлення: «ОЛДІ-ПЛЮС»
73034, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
E-mail: <mailto:office@oldiplus.com>
Свід. ДК № 6532 від 13.12.2018 р.