

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

# МЕЛІОРАЦІЯ І ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО

**Випуск 103**

*Міжвідомчий тематичний  
науковий збірник*

Київ

2016

УДК 631.67:631.62:626.8:691.175:699.8

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

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

Рекомендовано до друкувченою радою Інституту водних проблем і меліорації НААН 16 травня 2016 року (протокол № 5).

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

#### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

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

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

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

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

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

BART SCHULTZ, д., проф. (*Нідерланди*)

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

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

В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ, д. геогр. н., проф.

Р.А. ВОЖЕГОВА, д. с.-г. н., проф.

В.А. ГУРИН, д. т. н., проф.

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

О.І. ЖОВТОНОГ, д. с.-г. н.,

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

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

П.І. КОВАЛЕНКО, д. т. н., проф., акад. НААН, член РАСГН (*Росія*), член IAA Georgofili (*Італія*)

П.І. КОВАЛЬЧУК, д. т. н., проф.

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

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

А.П. ЛІХАЦЕВИЧ, д. т. н., проф., чл.-кор. НААН (*Білорусь*), член РАСГН (*Росія*)

Ю.А. МАЖАЙСЬКИЙ, д. с.-г. н., проф.

М.П. МАЛЯРЧУК, д. с.-г. н.

Ю.О. МИХАЙЛОВ, д. т. н.

В.С. МОШИНСЬКИЙ, д. с.-г. н., проф.

О.П. МУЗИКА, к. т. н., с.н.с.

В.М. ПОПОВ, д. т. н.

А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ, д. т. н., проф.

І.Т. СЛЮСАР, д. с.-г. н., проф.

В.А. СТАШУК, д. т. н., проф.

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

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

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

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

П.Д. ХОРУЖИЙ, д. т. н., проф.

С.А. ШЕВЧУК, к. т. н. с.н.с.

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

М.В. ЯЦИК, к.т.н., с.н.с.

#### Адреса редакції:

Інститут водних проблем і меліорації НААН  
вул. Васильківська, 37, Київ, 03022  
Тел. (044) 257-31-84, 050 947 90 35

ISSN 0507-2166

УДК 631. 67

**ДЕЯКІ ПИТАННЯ РЕФОРМУВАННЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ****М.І. РОМАЩЕНКО, док. техн. наук, академік НААН****О.О. ДЕХТЯР, канд. техн. наук***ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН*

*Розглянуто сучасний стан зрошення та представлено бачення етапів проведення реформування водогосподарської галузі для досягнення сталого розвитку аграрного сектору України*

**Ключові слова:** зрошення, водогосподарська галузь, управління, реформування, відновлення, інституційні зміни.

**Постановка проблеми.** В умовах природного дефіциту водних ресурсів, при нерівномірному їх розподілі по території України та враховуючи глобальні кліматичні зміни сталий розвиток аграрного сектору можливий за умови подальшого розвитку зрошення [1].

Зрошуване землеробство є основою нарощування виробництва сільськогосподарської продукції при значній аридизації територій. Аналіз існуючого стану зрошення в Україні дає підставу стверджувати, що потенціал зрошувальних систем сьогодні використовується вкрай незадовільно. Спостерігається тенденція до істотного скорочення площ фактичного поливу. Так площа зрошуваних земель із 2,62 млн. га в 1990 р. скоротилась до 2,17 млн. га в 2014 р., тобто на 18 %, а площі фактичного поливу за цей же період зменшились із 2,29 млн. га до 482,4 тис. га, тобто в 4,74 рази [2].

Скорочення площ поливу відбулося на фоні цілого комплексу взаємопов'язаних проблем: погіршення технічного стану наявних зрошувальних систем, особливо їх внутрішньогосподарської мережі, значного фізичного зносу об'єктів інженерної інфраструктури та насосно-силового обладнання, недостатньої кількості та якості дошувальної техніки, порушення технологій вирощування та зміни в структурі посівних площ, погіршення екологічного стану в зоні зрошення тощо.

Але ні ці, ні інші причини, унаслідок яких потенціал зрошувальних систем використовується вкрай незадовільно, не можуть перекреслити незаперечність того, що без відновлення та належного рівня використання наявного потенціалу зрошення забезпечити розвиток аграрного сектору економіки неможливо. Саме тому на нараді в Міністерстві аграрної політики та продовольства України в січні 2016 р. наголошено, що відновлення зрошення є ключовою умовою розвитку українського аграрно-промислового комплексу в умовах глобальних кліматичних змін і це є стратегічним завданням, від вирішення якого залежить продовольча безпека країни, зростання зайнятості населення та подальший соціально-економічний розвиток цілих регіонів [3]. На жаль, недосконалість сучасної системи управління водогосподарською галуззю, і зокрема сектором зрошення, існуючого законодавства, недостатній рівень бюджетного фінансування та відсутність механізмів залучення позабюджетних коштів не сприяють вирішенню проблем розвитку та відновлення зрошення.

У цих умовах відновлення та ефективне використання наявного потенціалу водогосподарської галузі неможливе без її реформування, в основі якого має бути комплексне вирішення інституційних та організаційних питань управління меліоративними системами як обов'язкової передумови переведення галузі на шлях інноваційно-інвестиційного розвитку.

**Мета досліджень** - обґрунтування бачення реформування сектору зрошення в Україні для забезпечення сталого ведення землеробства в південному регіоні.

**Аналіз світового досвіду.** Результати аналізу світового досвіду розвитку зрошення в різних країнах підтверджують наявність різних підходів до удосконалення управління, реформування водогосподарських галузей для підвищення продуктивності сільського господарства з метою більш ефективного використання водних ресурсів. У багатьох країнах реформування водогосподарської галузі починалось із залучення фермерів, утворення асоціацій водокористувачів (АВК) на місцевому рівні. АВК займались відновленням, очищенням місцевих, локальних меліоративних каналів, проте вони не мали широких повноважень в питаннях експлуатації та обслуговування великих зрошувальних систем. Часто ці організації були створені тільки на папері і тому не були ефективні [4]. За останні 30 років проведені в різних країнах реформи, пов'язані з використанням води в сільському господарстві, за невеликим виключенням, призвели до невдач. Незважаючи на неодноразові заклики до скасування централізованого управління, інтеграції, покращення управління, плани не були реалізовані і потрібно ще дуже багато зробити для того, щоб досягти ефективних змін. У деяких країнах реформи призвели до занепаду сільського господарства та завдали шкоди управлінню водними ресурсами [4, 5].

На початку 1990-х років, незважаючи на численні невдачі, досвід програм управління в Мексиці, Колумбії, Тайвані, Непалі та Китаї показав, що водокористувачі можуть успішно займатися експлуатацією та обслуговуванням зрошувальних систем навіть на великих площах зрошення. У цих країнах водокористувачі часто готові були платити реальні кошти за експлуатацію та обслуговування інфраструктури меліоративних систем навіть за значного збільшення плати за зрошення [4-6].

Аналізуючи звіти Міжнародного інституту управління водою (IWMI), матеріали експертів

Міжнародної комісії по іригації та дренажу (МКІД), Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН можна визначити основні стратегічні дії та загальні принципи в управлінні водними ресурсами [4 – 6, 9, 10]. Це – розробка і удосконалення законодавчої та нормативно-правової бази в питаннях зрошення, визначення прав власності на об'єкти інженерної інфраструктури, адаптація існуючих зрошувальних систем до сучасних умов, модернізація – комбінація організаційних та технічних покращень, що дозволить зробити зрошення більш продуктивним та стійким; зміна політики відносно інвестицій у водне господарство, необхідних для розвитку зрошеного землеробства та інші.

Нами для вивчення світового досвіду виконано аналіз реформування водогосподарської галузі в країнах з порівняно рівнинним рельєфом, без значних природних напорів (за виключенням Вірменії), у яких принаймні частина країни знаходиться у зоні помірного клімату. В їх числі Болгарія, Молдова, Ізраїль та Франція. Зведені данні про водозабір на зрошення та площі зрошення в цих країнах наведено в таблиці [7].

За потужністю національної водогосподарської системи Україну певною мірою можна порівнювати з такими країнами як Франція та Ізраїль [8-11]. Так в 2013 р. (до анексії Криму та початку АТО) загальний обсяг водопостачання підрозділами Держводагентства склав майже 9 млрд. куб. м, з них на потреби зрошення – 6,5 млрд. куб. м; у 2014 р. ці показники знизилися до 4,5 та 3 млрд. куб. м відповідно, а загальні середні обсяги водопостачання у Франції та Ізраїлі становлять відповідно дещо більше - 4 та 1,5 млрд. куб. м на рік. За станом на початок 2015 р. в системі Держводагентства експлуатувалося 5,5 тисяч справних насосних агрегатів загальною встановленою потужністю 1,5 ГВт, а державна корпорація «Mekogot» - національний гуртовий постачальник води в Ізраїлі експлуатує загалом 2,4 тисячі насосів [11, 12].

З іншого боку, досвід Молдови, де наявні 11 відносно невеликих систем зрошення [13], можна використовувати в Україні для систем місцевого значення, наприклад в Одеській області,

обслуговування та експлуатація яких може здійснюватися асоціаціями водокористувачів, як це робиться в Молдові.

Досвід Болгарії, де загальне водоспоживання з 14 млрд. куб. м на рік (включаючи 3 млрд. куб. м на рік на сільське господарство) у 1990-ті роки, протягом 2000-2010 років скоротилося до 8,5, включаючи лише 143 млн. куб.м на рік сільськогосподарського водоспоживання [14, 15], навпаки є прикладом формального проведення реформ, за якого впровадження ринкових відносин без належного управління та регулювання, відповідного організаційного та правового забезпечення може призвести до занепаду сектору зрошення.

**Викладення основного матеріалу.** На сьогодні, ми маємо в Україні неререформовану, фінансово збиткову (з дотаціями із держбюджету) водогосподарську галузь, що неякісно управляється та неефективно функціонує. Вона працює, використовуючи залишки технічного ресурсу інженерних споруд, і продовжує постачати воду зокрема і сільськогосподарським водоспоживачам на півдні України для зрошення, але ні якість ні економічні складові цієї послуги не відповідають сучасним вимогам.

При цьому система управління зрошувальними комплексами, що існує в Україні, залишилась без змін ще з радянських часів. Це унеможливило залучення кредитних ресурсів для проведення реконструкції об'єктів інженерної інфраструктури та модернізації насосно-силового обладнання.

На сьогодні Держводагентство України як уповноважений орган центральної виконавчої влади окрім того, що реалізує державну політику в сфері розвитку водного господарства і меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів, також здійснює експлуатацію об'єктів державної власності, які належать до сфери його управління.

На жаль, нинішня структурна форма управління не формує зацікавленості в проведенні реформування самої системи, тому це потребує зовнішнього втручання для прийняття відповідних ефективних управлінських рішень.

Досвід проведення реформ в інших країнах показує, що успіх може бути досягнутий тільки тоді,

#### Водозабір та площі зрошення в різних країнах

Назва країни	Сільськогосподарський водозабір, млрд.м <sup>3</sup> /рік	Загальний водозабір, млрд.м <sup>3</sup> /рік	Загальна площа зрошення\ фактично зрошується (тис га)	Загальна чисельність населення (млн. осіб)
Молдова	0,04	1,07	228,3/32	3,5
Болгарія	0,10	6,12	137,5/40,51	7,2
Вірменія	1,15	2,94	273,5/176	2,98
Ізраїль	1,13	1,95	225/181,5	7,6
Україна	4,45	14,9	2169/480	45,5
Франція	3,14	33,1	2811/1424	63,9

коли реформа буде проводитись комплексно та за участю не тільки водокористувачів, а й держави.

У питанні реформування водогосподарської галузі важлива роль належить удосконаленню існуючого законодавства. В першу чергу необхідно внести зміни та доповнення до Земельного та Водного кодексів України, до Законів України «Про меліорацію земель», «Про трубопровідний транспорт», «Про концесії», «Про консолідацію земель», «Про оренду державного та комунального майна», «Про спільну діяльність» та ін.

Також має бути розроблений окремий Закон України «Про асоціації водокористувачів» для створення чіткої правової основи утворення та ефективного функціонування асоціацій, здатних здійснювати управління, експлуатацію та обслуговування інфраструктури меліоративних систем, закріплення принципів взаємодії асоціацій водокористувачів з державними органами, координації їх діяльності з питань водних відносин, що забезпечить раціональне використання водних ресурсів для потреб населення та галузей економіки країни, зокрема сільського господарства.

На нашу думку, реформа водогосподарської галузі України, крім збереження існуючого функціоналу діючих зрошувальних систем, повинна мати на меті поступовий, поетапний перехід до загальних ринкових принципів.

Початковий етап має передбачати відокремлення господарської діяльності від управлінської, регуляторної (рис. 1).

Для цього в системі Держводагентства на базі водогосподарських організацій доцільно створити державне підприємство у вигляді акціонерного товариства (ДП), що буде займатися управлінням об'єктами державної власності, наданням послуг з водопостачання. При цьому 100% акцій ДП буде належати державі. До Спостережної ради цього підприємства мають входити представники Мінекології, Держводагентства, фонду Держмайна та водокористувачів. Участь останніх дозволить забезпечити прозорість його діяльності.

Одночасно у підпорядкуванні Держводагентства доцільно створити Водну чи Тарифну раду, як консультативний орган для обговорення умов водопостачання, тарифів з власниками зрошувальних систем, водопостачальниками та водокористувачами,

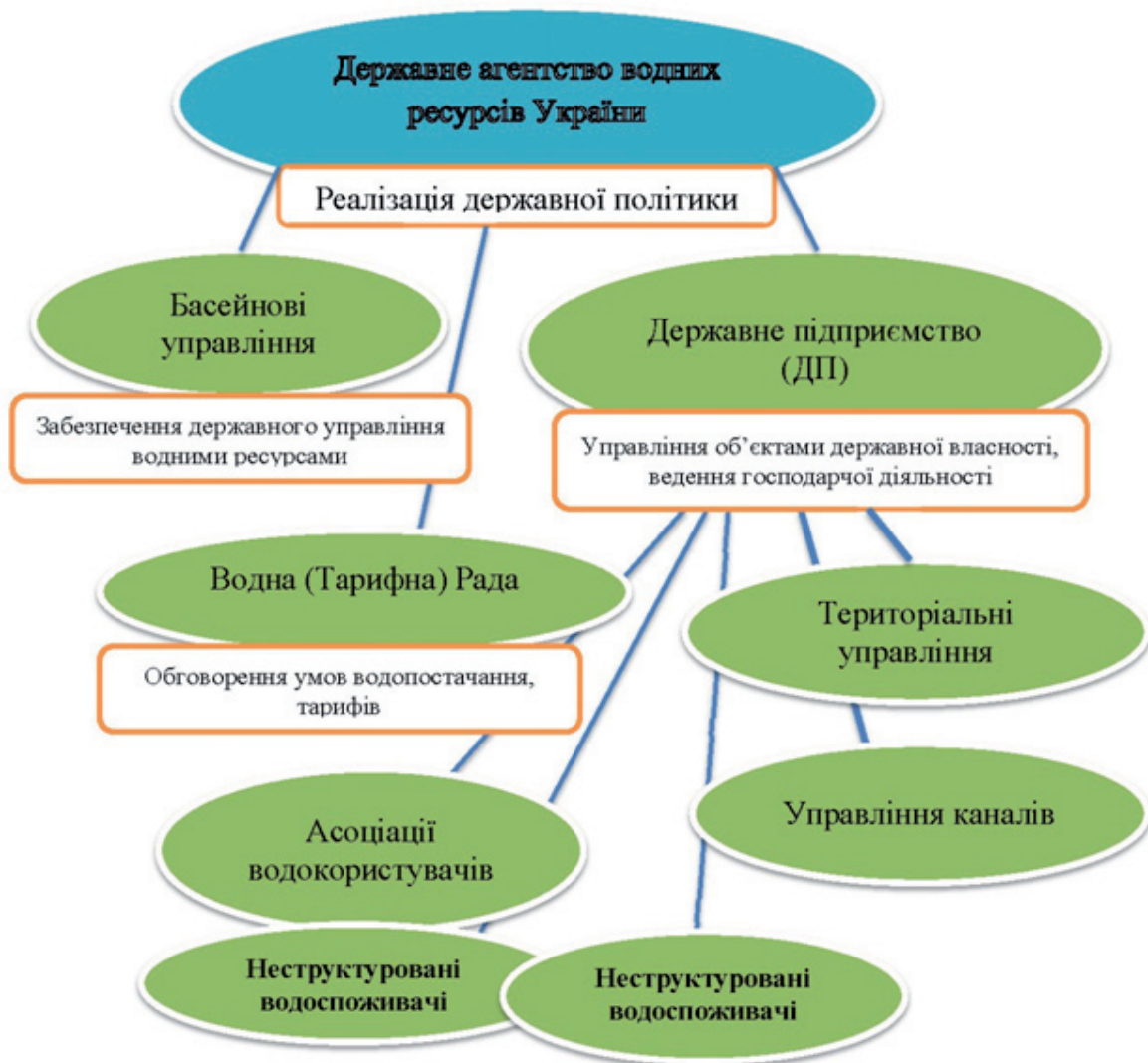


Рис.1 Структура управління на перехідний період

що будуть структуровані в асоціації водокористувачів. Водна чи Тарифна рада в подальшому поступово перетвориться на незалежного регулятора водогосподарської галузі і, таким чином, будуть створені необхідні умови для відновлення існуючих зрошувальних систем, їх інженерної інфраструктури.

Головне завдання Державного підприємства – це розпорядження правами державної власності на об'єкти інженерної інфраструктури та створення умов для виникнення або входження на ринок незалежних гуртових постачальників води з метою розділення функцій власника та операторів зрошувальних систем.

Для передачі в управління (оренду чи концесію) окремих майнових комплексів (зрошувальних систем) відповідним операторам гуртового та роздрібного водопостачання ДП повинно проводити прозорі та справедливі конкурси, тобто передавати операторам обов'язки експлуатації, збереження, розвитку та відновлення існуючих майнових комплексів, регулярно контролюючи та проводячи оперативний моніторинг їх діяльності. Одночасно Держводагентство здійснює управління водними ресурсами.

Якщо для управління окремим майновим комплексом створюється оператор у державній власності, то він може залучати кредитні кошти міжнародних донорів під державні гарантії. Оператори роздрібного водопостачання можуть набувати права власності на відповідні локальні, внутрішньогосподарські системи або створювати нові системи у своїй власності. Новостворені активи будуть залишатися у власності концесіонера до закінчення дії концесії.

Внутрішньогосподарська зрошувальна мережа може передаватися у концесію операторам гуртового та роздрібного водопостачання на термін не менш ніж 15 років. У випадку, коли агрохолдинги або асоціації водокористувачів бажають взяти на себе відповідальність за експлуатацію та обслуговування систем, відновлення інженерної інфраструктури, вони створюють у своїй власності відповідних операторів, з якими ДП вступає у юридичні відносини.

Міжгосподарські зрошувальні системи (наприклад канали) та розподільчі системи залишаються у державній власності (права власності здійснює ДП). У державній власності доцільно залишити і внутрішньогосподарську зрошувальну мережу, яка не використовується за призначенням. Держава має залучати кредитні кошти для її відновлення з подальшою передачею асоціаціям водокористувачів.

Працюючі внутрішньогосподарські системи, що використовуються для зрошення і знаходяться на балансі сільгоспвиробників, сільських або селищних рад, доцільно передати їм у власність, довгострокову оренду або концесію згідно чинного законодавства. Оператори роздрібного водопостачання можуть набувати права власності на відповідні системи. Якщо внутрішньогосподарська мережа непрацездатна, вона може передаватися у власність, оренду чи концесію асоціаціям водокористувачів, землевласникам за умови самостійного, за власні кошти їх відновлення. Відновлення та модернізація зрошувальних систем, реконструкція об'єктів інженерної

інфраструктури повинні виконуватись спеціальними підрядними організаціями, які відбираються на прозорій конкурсній основі.

Таким чином, будуть створені умови для залучення приватних коштів з метою фінансування відновлення, реконструкції та модернізації внутрішньогосподарської та міжгосподарської мережі.

На наше переконання, оптимальним для розвитку сталого зрошеного землеробства є створення вільного ринку послуг водопостачання, коли оператори гуртового та роздрібного водопостачання будуть зацікавлені у розширенні свого бізнесу за рахунок підключення нових водокористувачів.

При цьому незалежний регулятор ринку послуг буде ліцензувати таких операторів та затверджувати їм справедливі тарифи, які мають включати і витрати на обслуговування та експлуатацію зрошувальних мереж (рис. 2).

Тариф на воду є способом досягнення ефективності використання води та покриття витрат на управління, експлуатацію та обслуговування інфраструктури зрошувальних систем. З одного боку, тариф повинен відображати витрати, з іншого – стимулювати заходи зі скорочення витрат. Інвестиційна складова у тарифі буде одним із джерел повернення кредитних коштів.

**Висновки.** Відновлення та розвиток зрошення в Україні неможливі без вирішення інституційних та організаційних питань реформування водогосподарської галузі. Реформа сектора зрошення має бути комплексною з охопленням усіх елементів національної структури водоподачі, транспортування, водорозподілу та споживання водних ресурсів та передбачати:

- створення правової основи шляхом внесення змін та доповнень до діючого законодавства та розроблення нових законів, в тому числі закону «Про асоціації водокористувачів»;

- на початковому етапі утворення в системі Державного агентства водних ресурсів державного підприємства для розділення функцій власника та оператора водопостачання;

- створення громадських об'єднань – асоціацій водокористувачів, які в подальшому набирають ознак юридичних осіб або створюють юридичні особи, що виступають як роздрібні постачальники води, обслуговують та експлуатують внутрішньогосподарські мережі і, можливо, з часом стають їх власниками;

- створення Водної або Тарифної ради як дорадчого органу, що в подальшому поступово перетвориться на незалежного регулятора галузі;

- створення необхідних умов для здійснення реабілітації існуючих водогосподарчих об'єктів, їх модернізації, відновлення та подальшого розвитку зрошення. При цьому першочерговими заходами мають стати підвищення енергетичної ефективності насосно-силового обладнання за рахунок заміни застарілих насосів сучасними агрегатами; впровадження оптимальних режимів експлуатації агрегатів із використанням зонних тарифів на електроенергію та регульованого приводу, переважне використання

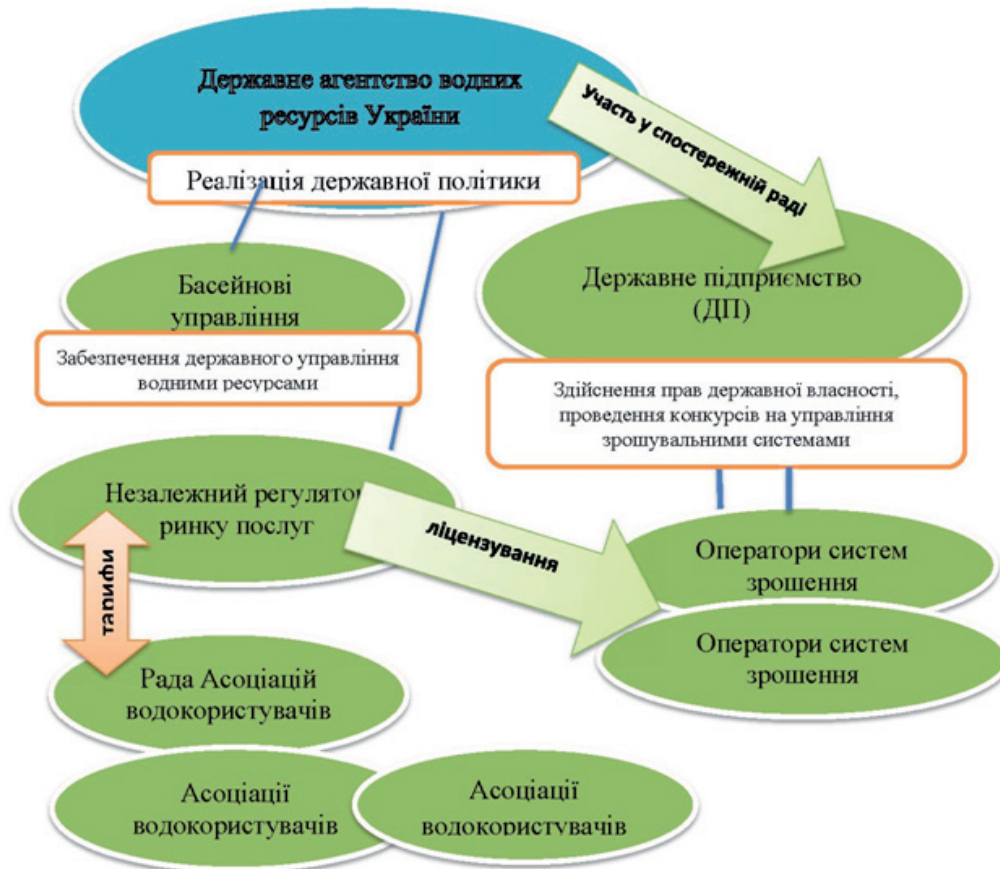


Рис. 2 Другий, ринковий етап інституційної реформи

низьконапірної дощувальної техніки; застосування систем краплинного зрошення; створення та використання власних джерел енергопостачання, включаючи відновлювані джерела енергії.

#### Бібліографія

1. Ромащенко М.І. Концептуальні засади відновлення зрошення у південному регіоні України. /М.І. Ромащенко. - Меліорація і водне господарство. 2013. -Вип. 100. – С. 7-17.
2. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України /За наук. ред. д.т.н., акад. М.І. Ромащенко. - К.:ЦП «Компринт». - 2014 – 28 с.
3. Павленко О. Відновлення системи зрошення позитивно вплине на динаміку агровиробництва. Доповідь на нараді з питання відновлення роботи та розвитку зрошувальних систем на меліорованих землях. 12.01.2016 р. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://minagro.gov.ua>.
4. Sam H. Johnson III, Mark Svendsen, Fernando Gonzalez. Institutional Reform Options in the Irrigation Sector. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 2004.
5. Svendsen, Mark, Jose Trava. Participatory Irrigation Management: Benefits and Second Generation Problems. Lessons from an International Works hopheldat CIAT, Cali, Colombia, 9-15 February 1997. Economic Development Institute of the World Bank, Washington, DC.
6. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Water for Food, Water for Life. Comprehensive Assessment of Water Manegment in Agriculture. London: Earth scan, and Colombo: International Water Manegment Institute. - 2007.
7. FAO. 2015. AQUASTAT Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Website accessed on [05/01/2016] Available at: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>
8. An overview of water management in France IIEA Seminar 9<sup>th</sup> November 2011 (Veolia Water in association with FP2E).
9. Регулирование водных отношений в государствах континентальной правовой системы. [Електронний ресурс]/Режим доступу: <http://isfic.info/waterlaw>.
10. Інституціональний звіт: оцінка структур управління водними ресурсами інших країн: Технічний звіт № 7. Тасіс, 2001.
11. Agro Tecnolodgy and servecis. Орошение в Израиле. [Електронний ресурс] /Режим доступу: <http://farmgarden.ru>

12. Mekorot–Israel National Water Co. Availableat: [Електронний ресурс] /Режим доступу: <http://www.mekorot.co.il/Eng/newsite>.
13. Fondul Provocările Mileniului Moldova. Millennium Challenge Corporation [Електронний ресурс] /Режим доступу: <http://mca.gov.md/>
14. Hadzieva V. Condition, problems and opportunities of irrigated agriculture after Bulgarians accession to the European union- *Rural Economics and Management*, vol. 52, no. 4. 2007.
15. *Experience of Irrigation Management Transfer in Bulgaria* By Dr. Monica Koubratova Hristova. 2004.

**Ромашенко М.И., Дехтяр О.А.**

**Некоторые вопросы реформирования водохозяйственной отрасли Украины.**

*Рассмотрено современное состояние орошения и представлено видение этапов проведения реформирования водохозяйственной отрасли для достижения устойчивого развития аграрного сектора Украины.*

**Romashchenko M.I., Dekhtyar O.A.**

**Some questions of reforming the water management sector of Ukraine.**

*The current state of irrigation is reviewed and the vision is presented stages of the reform in the water management to achieve sustainable development of the agricultural sector of Ukraine.*



УДК 556.114:556.531 (075.8)

## ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧЦІ РОСЬ

**В.І. ВИШНЕВСЬКИЙ**, док. географ. наук,**С.А. ШЕВЧУК** канд. техн. наук

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН,

**О.І. Шевченко**

ДНІПРОВСЬКЕ БАСЕЙНОВЕ УПРАВЛІННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

*Наведено результати моніторингу якості води в р. Рось. Встановлено зміни якісних показників за довжиною річки та в часі. Виявлено внутрішньорічні особливості якості води.*

**Ключові слова:** *якість води, моніторинг, внутрішньорічний розподіл якісних показників води*

**Вступ.** Питання якості води є одними із найважливіших у сфері водного господарства. Особливо це стосується річок, які широко використовуються для господарсько-питного водозабезпечення. До таких річок належить, зокрема, річка Рось, на якій розташовано чотири водозабори: міст Біла Церква, Богуслав, Корсунь-Шевченківський і Миронівка. Окрім того, воду з р. Рось споживають мешканці м. Умань, куди вона надходить з очисних споруд Білої Церкви.

**Аналіз попередніх досліджень.** Стан р. Рось привертав увагу багатьох науковців та наукових колективів [1–5, 7]. З-поміж перших ґрунтовних праць насамперед має бути виділена монографія Ф.Ф. Киркора, що побачила світ у далекому 1907 р. [4]. Певну увагу р. Рось приділено також у праці А.Д. Коненко [5], результати якої спиралися на дані відбору проб у 1947 р. Зі значимих наукових праць останнього часу насамперед має бути згадана колективна монографія працівників Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, що вийшла друком у 2009 р. [3]. У цій праці можна виділити результати польових досліджень концентрації кисню в товщі Стеблівського водосховища. З інших праць, присвячених якості води в Росі, потребує згадки стаття [7]. Хоча отримані в ній результати видаються ґрунтовними, обсяг використаних даних зовсім невеликий – він стосується лише умов літньо-осінньої межени 2011 р. Насамкінець не можна обійти увагою книгу [1], в якій не лише висвітлено водний режим Росі, а й господарську сферу у басейні річки.

**Постановка проблеми.** Хоча р. Рось і вважається однією з найбільших приток Дніпра, її водність порівняно невелика. Витрата цієї річки в гирлі більш як на порядок менша, ніж Десни. Зокрема, на посту Корсунь-Шевченківський середня водність становить 22 м<sup>3</sup>/с. У літній період витрата води зменшується до 5–7 м<sup>3</sup>/с, а інколи й менше. Такі умови, зокрема, спостерігались у період літньої межени 2015 р., коли витрата зменшувалася до 3 м<sup>3</sup>/с. Загалом водність річки в останні роки (2007–2015) виявилася значно меншою за норму, що не могло не позначитись на якості води. Водночас обсяг стічних вод, лише тих, які обліковуються, сягає 0,7 м<sup>3</sup>/с. Порівняно зі стоком річки, насамперед у меженних умовах, це досить багато.

Значний вплив на водність та якість води чинять також створені водосховища, яких у басейні Росі налічується 66, зокрема 10 на ній самій. У водосхови-

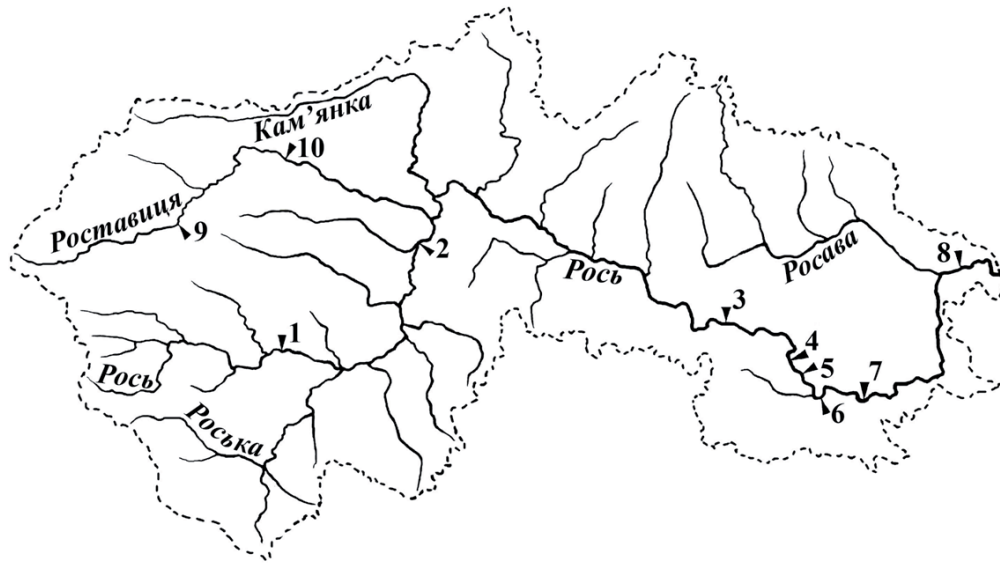
щах спостерігається істотне зменшення водообміну, а також заростання і “цвітіння” води. Уже неодноразово якість води в р. Рось погіршувалася настільки, що в ній заборонялося купання людей.

**Методика досліджень.** Спостереження за якісним станом води виконують кілька суб'єктів моніторингу, причому в доволі великій кількості створів. Найбільший обсяг робіт здійснює Державне агентство водних ресурсів, а саме Басейнове управління водних ресурсів р. Рось. Відібрані проби передають для аналізу в басейнову лабораторію моніторингу вод Дніпровського БУВР, яка функціонує у м. Вишгород. У пунктах спостережень, розташованих у Черкаській області, показники якості води визначає Черкаське регіональне управління водних ресурсів, у Житомирській – Житомирське обласне управління. Відповідна організація моніторингу забезпечує оперативність виконання аналізів – відібрані проби протягом робочого дня потрапляють у гідрохімічну лабораторію. Разом з тим, оскільки гідрохімічний аналіз виконують у різних лабораторіях, це може впливати на його результати (рис. 1).

Відомості про якість води, що отримують на мережі моніторингу, дають змогу характеризувати закономірності її змін як у просторі, так і в часі. Разом з тим ґрунтовні результати можна отримати лише на основі достовірних вихідних даних. Для зменшення ймовірності залучення до розрахунків помилкових значень вихідні дані було піддано відповідному аналізу. Насамперед у рядках за допомогою наявної в програмі Excel опції «умовне форматування» виділяли всі аномально великі та аномально малі значення. Достовірність цих величин оцінювали відповідно до сучасних уявлень їх можливого діапазону. Крім того, ці значення порівнювали з даними вище та нижче розташованих пунктів спостережень. Останній захід достатньо ефективний, оскільки гідрохімічні показники у сусідніх пунктах звичайно визначають в однакові чи суміжні дати.

Ефективним засобом аналізу даних і виявлення в них сумнівних значень є також побудова графіків змін концентрацій певних гідрохімічних показників за довжиною річки: середніх, мінімальних і максимальних. Плавність змін є ознакою достовірності, стрибки – помилковості.

Виконаний аналіз дав змогу виявити певну кількість помилкових значень. Найчастіше вони зумовлені суб'єктивним чинником, а саме похибкою записів, зокрема, відсутністю коми. Зрозуміло, що



**Рис. 1. Мережа моніторингу за якістю води Держводагентства:**

1 – Кошів, 2 – Глибичка (питний водозабір), 3 – Богуслав (питний водозабір), 4 – Москаленки, 5 – Виграївські дачі, 6 – Стеблів, 7 – Корсунь-Шевченківський (питний водозабір), 8 – Хмільна, 9 – Ружин, 10 – Строків

включення у вибірку навіть одного значення, яке на один-два порядки перевищує інші, істотно впливає на середнє.

Відповідно до викладеного, виконано аналіз змін якісних показників води за довжиною р. Рось. З наявних пунктів основну увагу приділено восьми, які розташовані на Росі і для яких кількість визначень є найбільшою. Період виконаного усереднення 2007–2015 рр. (табл. 1).

Отримані результати є сенс порівнювати не лише між собою, а й з певними нормативними показниками. Нині найчастіше послуговуються Санітарними

правилами і нормами охорони поверхневих вод від забруднення – так званим “СанПиН-4630-88”. Згідно цього документа, гранично-допустимі концентрації для водойм господарсько-побутового призначення є такими: розчинений кисень – понад 4 мг/дм<sup>3</sup>, сума іонів – 1000 мг/дм<sup>3</sup>, хлориди – 350, сульфати – 500, БСК<sub>5</sub> – 3,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, ХСК – 15,0 мгО/дм<sup>3</sup>, іон амонію – 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, нітрити – 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, нітрати – 10 мг/дм<sup>3</sup>, фосфати – 3,5 мг/дм<sup>3</sup>, марганець – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, залізо загальне – 0,3, нафтопродукти – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Існують норми якості води для водойм рибогосподарського призначення, які жорсткіші за щойно наведені.

**1. Усереднені показники якості води в басейні Росі (мг/дм<sup>3</sup>), 2007–2015 рр.**

Пункт спостережень	Сухий залиш.	Розч. кисень	ХСК	БСК <sub>5</sub>	Іон амонію	Нітрити	Нітрати	Фосфати
Рось–Кошів	369	9,51	32,5	3,76	0,29	0,06	2,02	0,16
Рось–Глибичка	351	9,04	31,2	3,54	0,33	0,08	1,85	0,20
Рось–Богуслав, водозабір	413	8,46	32,7	2,80	0,40	0,16	3,24	0,55
Рось–Москаленки	403	8,71	34,2	3,04	0,39	0,08	3,14	0,64
Рось–Виграївські дачі	413	8,31	35,0	2,81	0,53	0,08	2,38	0,57
Рось–Стеблів	411	8,54	34,3	2,75	0,59	0,07	2,65	0,58
Рось–Корсунь-Шевченківський	412	8,15	34,1	2,79	0,46	0,07	3,02	0,75
Рось–Хмільна	423	7,69	36,6	2,90	0,55	0,13	2,93	0,81
Роставиця–Ружин	382	10,6	37,4	3,86	0,45	0,05	2,03	0,11
Роставиця–Строків	369	9,19	40,4	4,10	0,95	0,06	1,46	0,65

Загалом вода в р. Рось характеризується порівняно невеликою концентрацією розчинених солей – близько 400 мг/дм<sup>3</sup>. Дещо менша вона у верхів'ї річки, дещо більша в нижній течії. Найкраще це простежується стосовно мінімальних та середніх значень. Зокрема невеликою є концентрація сухого залишку поблизу Глибички – в місці водозабору м. Біла Церква. Порівняно невеликі максимуми і в пункті спостережень Виграївські дачі. Останнє пояснюється обмеженістю вихідних даних (рис. 2).

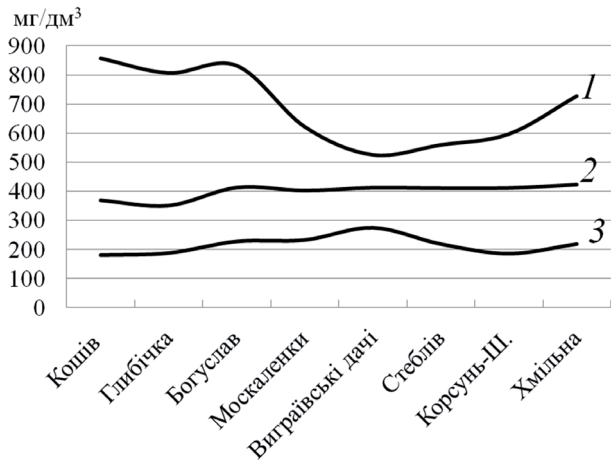
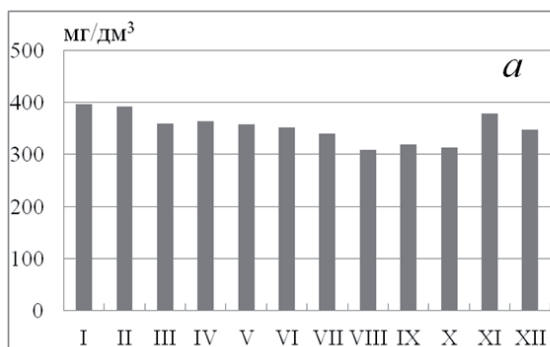


Рис. 2. Зміни сухого залишку за довжиною р. Росі: верхня лінія – максимальні значення, середня – середні, нижня – мінімальні

Існує зворотна залежність між водністю Росі та концентрацією сухого залишку, але дуже слабка. Зокрема, вона простежується між даними щодо концентрації сухого залишку на водозаборі м. Біла Церква і витратами на посту Фесюри. Водність впливає і на інші показники, але звичайно ледь помітно.

Протягом року концентрація сухого залишку змінюється у невеликому діапазоні. На водозаборі м. Біла Церква найвищі значення зафіксовано для зимових місяців, коли річка переважно живиться підземними водами. Нижче за течією ця закономірність порушується. Так, біля м. Корсунь-Шевченківський найбільшою є концентрація у липні. Можна припустити, що тут певну роль відіграють концентрування солей в результаті випаровування з наявних водойм, а також зростання у живленні річки частини підземних вод (рис. 3).



Одним із найголовніших гідрохімічних показників є концентрація розчиненого кисню. Для р. Росі цей показник важливий ще й тому, що достатньо часто він перебуває на межі допустимих норм. Для водойм господарсько-побутового призначення ГДК становить 4,0, для рибогосподарського – 6,0 мг/дм<sup>3</sup>.

На відміну від мінералізації води концентрація розчиненого кисню в напрямку до гирла трохи зменшується – ймовірно через забруднення води. Інколи концентрація розчиненого кисню знижується до значень, нижчих за 4 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрація розчиненого кисню істотно залежить від температури води: найбільших значень вона сягає у січні-квітні, найменших – улітку. Загалом узимку концентрація розчиненого кисню задовільна. Цьому сприяє те, що крижаний покрив на Росі нестійкий. Навіть у холодні зими на річці залишається чимало ділянок, де його немає зовсім. На водозаборі м. Корсунь-Шевченківський, порівняно з Білою Церквою, концентрація розчиненого кисню менша. Певною мірою це пояснюється невдалим розташуванням водозабору – у мілководній частині водосховища, яка влітку заростає водною рослинністю (рис. 4).

Важливим показником якості води в р. Росі є хімічне споживання кисню (ХСК), яке відображає забруднення води органічними сполуками, що надходять зі стічними водами. ГДК цього показника – 15,0 мгО/дм<sup>3</sup>.

Середні значення ХСК у річковій воді Росі дорівнюють 30–35 мгО/дм<sup>3</sup>, що вдвічі більше за ГДК. Водночас максимальні значення можуть перевищувати 100 мгО/дм<sup>3</sup>. У напрямку до гирла простежується невелике зростання середніх значень і водночас зменшення максимальних.

Певні особливості динаміки ХСК спостерігаються і протягом року. Якщо на водозаборі м. Біла Церква цей показник найбільший улітку, то біля м. Корсунь-Шевченківський цей максимум ледь простежується (рис. 5).

Цікавим є внутрішньорічний розподіл концентрації іона амонію. Поблизу водозабору м. Біла Церква спостерігаються достатньо плавні зміни з максимальними значеннями у січні та вересні. Концентрації переважно обернено пропорційні водності річки. Крім того, концентрація іона амонію залежить від фази розвитку водної та повітряно-

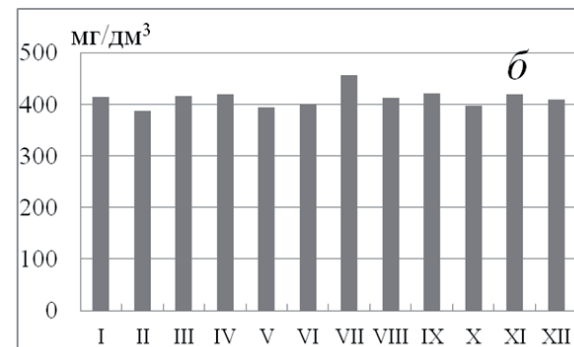


Рис. 3. Внутрішньорічний розподіл значень сухого залишку на водозаборах м. Біла Церква (а) та Корсунь-Шевченківський (б)

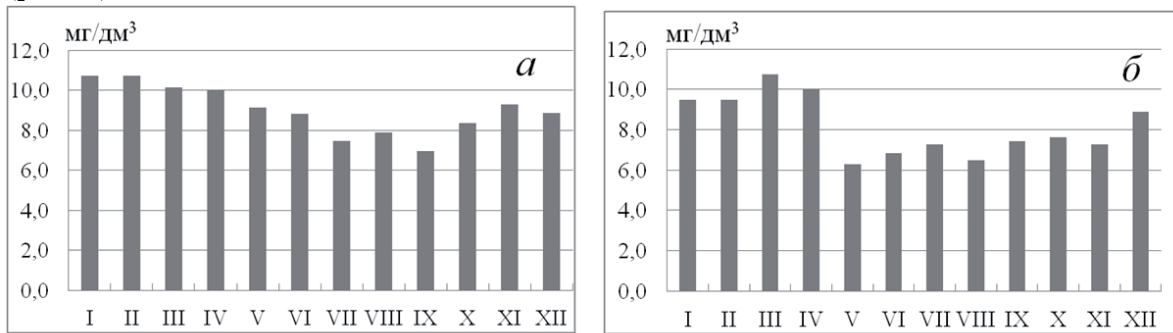


Рис. 4. Внутрішньорічний розподіл концентрації розчиненого кисню на водозаборах міст Біла Церква (а) та Корсунь-Шевченківський (б)

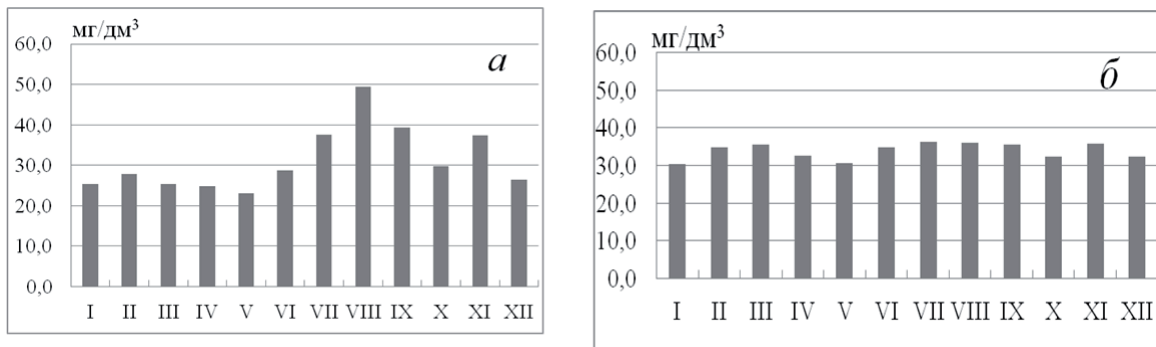


Рис. 5. Внутрішньорічний розподіл показника ХСК на водозаборах міст Біла Церква (а) та Корсунь-Шевченківський (б)

водної рослинності. Збільшення поглинання азоту з настанням тепла спричинює зменшення його концентрації. Біля м. Корсунь-Шевченківський ці закономірності практично не простежуються. Найвища концентрація тут у лютому (рис. 6).

Подібно до іона амонію, вниз за течією зростає концентрація нітратів. На більшій частині довжини Росі існує чітка закономірність, а саме – великі концентрації нітратів у холодний період року і значно менші – влітку (рис. 7).

Те саме – зростання концентрації вниз за течією – простежується стосовно фосфатів. Зауважимо, що це зростання кількаразове. Якщо у верхній течії р. Рось середні концентрації становлять 0,17–0,20 мг/дм<sup>3</sup>, то в нижній – 0,6–0,8 мг/дм<sup>3</sup>. Траплялися випад-

ки, коли на водозаборі м. Корсунь-Шевченківський вони сягали 6,4–6,8 мг/дм<sup>3</sup>.

Упродовж року найменші концентрації фосфатів спостерігаються в період водопілля (насамперед у квітні), найбільші – влітку. Подібні результати отримано в [3] (рис. 8).

Зауважимо, що якість води не вичерпується лише наведеними характеристиками. На мережі моніторингу визначається також жорсткість, концентрація нафтопродуктів, заліза, цинку та кількох інших показників. У більшості випадків вони перебувають у прийнятному діапазоні.

Важливим питанням стану р. Рось є якість води не лише по її довжині, а й у часі. В останньому разі це стосується насамперед багаторічної динаміки якісних характеристик.

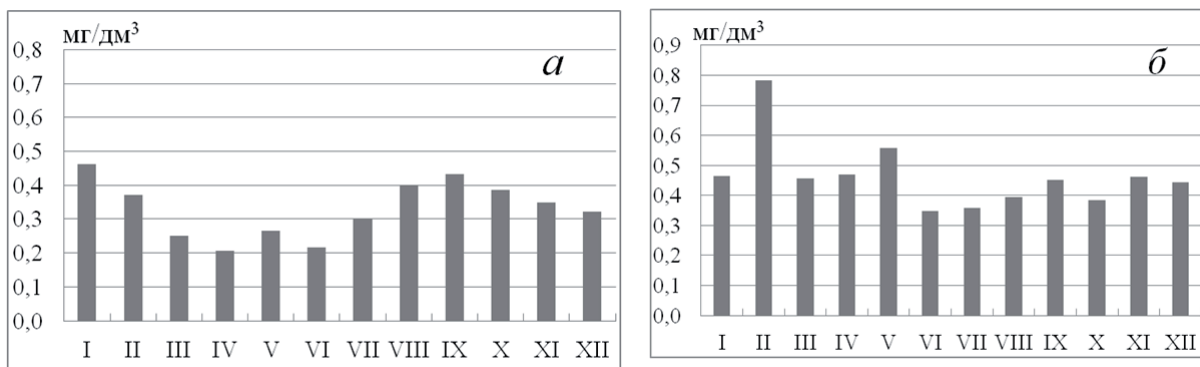


Рис. 6. Внутрішньорічний розподіл концентрації іона амонію на водозаборах міст Біла Церква (а) та Корсунь-Шевченківський (б)

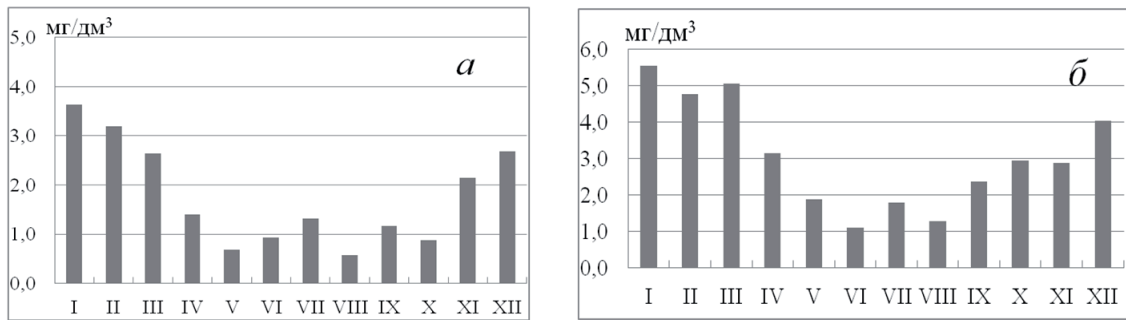


Рис. 7. Внутрішньорічний розподіл концентрації нітратів на водозаборах міст Біла Церква (а) та Корсунь-Шевченківський (б)

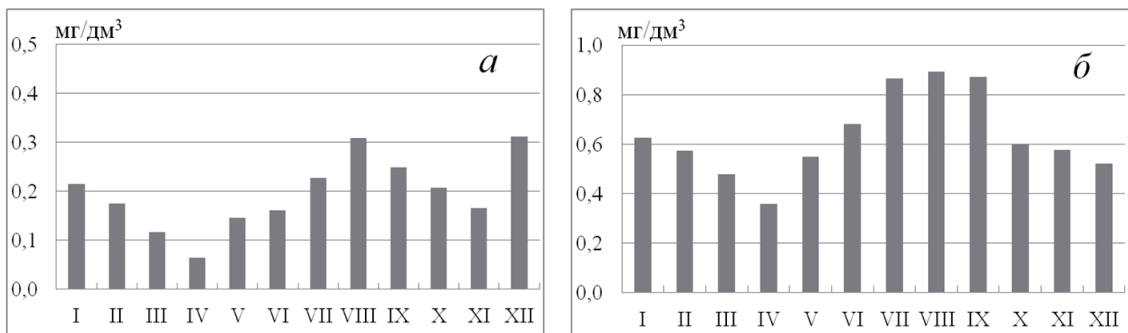


Рис. 8. Внутрішньорічний розподіл концентрації фосфатів на водозаборах міст Біла Церква (а) та Корсунь-Шевченківський (б)

За наявними даними, концентрація сухого залишку впродовж останніх 20 років перебуває приблизно на одному рівні. Більшою вона є біля м. Корсунь-Шевченківський, меншою – на водозаборі м. Біла Церква (рис. 9).

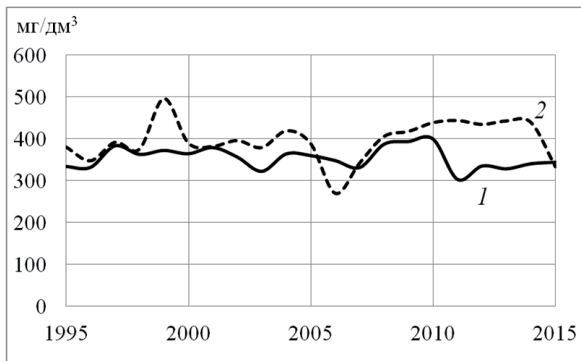


Рис. 9. Зміни за роками концентрації сухого залишку на водозаборах міст Біла Церква (1) та Корсунь-Шевченківський (2)

Коливання, показані на рис. 9, свідчать про те, що між даними в досліджуваних пунктах кореляційний зв'язок практично відсутній. Причиною цього вірогідно є людська діяльність, а саме – періодичні скиди забруднюючих речовин. Якби цього чинника не існувало, криві на рис. 9 були би схожі.

Важливим питанням як у науковому, так і практичному сенсі є інтегральна оцінка якості води в Росі. Звичайно її виконують згідно [6], де в усій різноманітності якісних показників води виділяють три блоки:

- сольовий склад води;
- трофо-сапробіологічні показники;
- вміст токсичних і радіоактивних речовин.

До першого блоку належить сума іонів, концентрація хлоридів і сульфатів. Кількісно більшим є перелік показників другого і третього блоку. Зокрема, до другого належать концентрації біогенних сполук, розчиненого кисню, біхроматна окиснюваність, БСК<sub>5</sub>, показник рН тощо. Третій блок містить такі показники як залізо загальне, марганець, мідь, цинк, феноли, нафтопродукти, СПАР.

Урахування якісних показників води в межах цих блоків дало змогу виділити п'ять класів якості води: I – відмінні, II – добрі, III – задовільні, IV – погані, V – дуже погані. У межах класів виділяють ще сім категорій якості води: класу I відповідає чудова якість (1 категорія); класу II – категорії дуже добра (2) і добра (3); класу III – задовільна (4) і середня (5); класу IV – погана (6); класу V – дуже погана (7) [6].

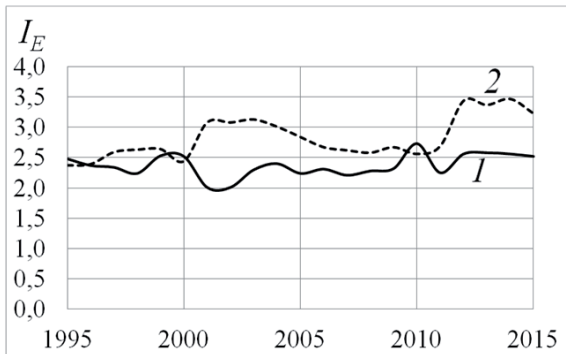
Важливою особливістю запропонованої методики є кількісне визначення індексів для кожного блока і, зрештою, інтегрального показника якості води  $I_E$ , який є середнім арифметичним усіх трьох. Менше значення індексу свідчить про вищу якість і навпаки.

Відповідний розрахунок показує, що на господарсько-питних водозаборах Білої Церкви, Богуслава і Корсунь-Шевченківського якість води за середньорічними значеннями відповідає II класу (добра), категорії 3 (добра). Щоправда, це стосується лише середньорічних значень. Якщо оперувати найгіршими показниками якості, то на питному водоза-

борі м. Корсунь-Шевченківський вода відповідає III класу (задовільна) і категорії 4 (задовільна).

Протягом 2011–2015 рр. середні показники інтегрального показника якості виявилися такими: водозабір Білої Церкви – клас – 1,97, категорія – 2,49; водозабір м. Корсунь-Шевченківський – відповідно 2,31 та 3,24. Як видно, за сукупністю показників якість води на водозаборі м. Корсунь-Шевченківський є значно гіршою, ніж на водозаборі м. Біла Церква. У погіршенні якості води зазвичай найбільший внесок належить другому блоку показників, в якому враховані концентрації біогенних речовин, кисневий режим та ін. Насамперед це стосується нітратів і фосфатів, які мають великі концентрації.

Логічним є питання про зміни інтегрального показника якості води за роками. Відповідні розрахунки показують, що протягом останніх 20 років якість води на водозаборі м. Біла Церква залишається приблизно на одному рівні, на водозаборі м. Корсунь-Шевченківський – погіршується (рис. 10).



**Рис. 10.** Коливання за роками інтегрального показника якості води, розрахованого за її категорією: 1 – водозабір м. Біла Церква, 2 – водозабір м. Корсунь-Шевченківський

Аналогічним є результат розрахунку за класом якості води, адже в обох випадках використано однакові вихідні дані.

Наведені на рис. 10 результати показують, що в окремі роки (2000 і 2010) якість води біля м. Корсунь-Шевченківський ніби була кращою, ніж біля м. Біла Церква. Насправді ж вона була гіршою. Результат розрахунків пояснюється наявністю чи відсутністю вимірів окремих показників, різною кількістю проб, можливими помилками визначень чи записів. Зокрема у пробі, відібраній на водозаборі м. Біла Церква 21.09.2010, концентрація нафтопродуктів становила 2,1 мг/дм<sup>3</sup>, що на один-два порядки більше звичайного. Лише одне це значення вплинуло на інтегральний показник якості води, хоча є сумнів, що воно було істинним.

У цілому, порівнюючи якість води в Росі з іншими притоками Дніпра, можна зробити висновок, що вона перебуває приблизно посередині: є гіршою, порівняно з Прип'яттю та Десною, але кращою ніж у Сулі, Пслі, Ворсклі, не кажучи вже про Самару та Інгулець.

Окремим питанням є бактеріологічне забруднення води, моніторинг якого виконує санітарно-

епідеміологічна служба. Досить часто – насамперед улітку – чисельність бактерій групи кишкової палички у воді перевищує допустимий показник за СанПиН (5000 на 1 дм<sup>3</sup>) у десятки разів.

Саме бактеріологічне забруднення найчастіше зумовлює обмеженість використання Росі у рекреаційних цілях. Санітарно-епідеміологічна служба періодично не радить купатися в річці, а в окремі періоди формулює заборону цього. А втім, уже траплялися випадки захворювання людей на лептоспіроз.

**Висновки.** Якість води в р. Рось – важливий чинник, який визначає її використання в господарській сфері. Існують помітні зміни якості води за довжиною річки та в часі. Загалом якість води погіршується вниз за течією. Основним джерелом погіршення якості води за довжиною річки є скиди стічних вод з очисних споруд Білої Церкви та інших населених пунктів. Протягом останніх двох десятиліть якість води у верхній і середній течії Росі перебуває приблизно на одному рівні, на водозаборі м. Корсунь-Шевченківський – погіршується. Однією з найважливіших причин проблемного стану річки є те, що в останні роки її водність значно менша за норму. Це стосується всіх без винятку років, починаючи з 2007. Відповідне обстеження показало, що певну роль відіграють і місцеві фактори, зокрема невдале розташування водозабору м. Корсунь-Шевченківський.

**Бібліографія**

1. Бабій П.О. Річка Рось та її використання / П.О. Бабій, В.І. Вишневський, С.А. Шевчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2016. – 128 с.
2. Вишневський В.І. Ріка Дніпро / В.І. Вишневський. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.
3. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / В.К. Хільчевський, С.М. Курило, С.С. Дубняк [та ін.]; за ред. В.К. Хільчевського. – К.: Ніка-Центр, 2009. – 116 с.
4. Киркор Ф.Ф. Матеріали по вопросу о колебаниях состава речной воды. Химические исследования реки Роси (1904–1905 гг.) / Ф.Ф. Киркор – Тр. Всероссийского общества сахарозаводчиков. – К.: Типогр. Р.К. Лубковского, 1907. – 244 с.
5. Коненко А.Д. Гидрохимическая характеристика малых рек УССР / А.Д. Коненко. – К.: Изд-во АН УССР, 1952. – 172 с.
6. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукінський, О.П. Оксіюк [та ін.]. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
7. Яцик А.В. Екологічна оцінка якості поверхневих вод річки Рось / А.В. Яцик, І.В. Гопчак, Т.О. Басюк // Вісник Національного ун-ту водн. госп. та природокористування. Серія “Сільськогосподарські науки”. – Вип. 2 (62), 2013. – С. 79–86.

**Вишневський В.І., Шевчук С.А., Шевченко А.І.**

**Качество воды в речке Рось.**

*Приведены результаты мониторинга качества воды в р. Рось. Установлены закономерности изменения качества воды по длине реки и во времени. Выявлены внутригодовые особенности качества воды.*

**Vyshnevskiy V.I., Shevchuk S.A., Shevchenko A.I.**

**Water quality in the Ros river.**

*There were presented the results of water quality monitoring in the Ros river. There were determined the peculiarities of water quality by the length of river and in time. The peculiarities of water quality within a year were found.*

УДК 626.862:628.1

## ШАХТНИЙ КОЛОДЯЗЬ З ГОРИЗОНТАЛЬНИМИ ДРЕНАМИ ДЛЯ ЗАБОРУ І ПОДАЧІ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ ВОД В ЗОНАХ ПІДТОПЛЕННЯ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ\*

П.Д. ХОРУЖИЙ, док. техн. наук,  
Т.П. ХОМУТЕЦЬКА, канд. техн. наук,  
І.О. КУКЛА

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Розглянуто основні причини підтоплення сільськогосподарських територій та показано, що одним із заходів зниження рівнів ґрунтових вод може бути інтенсивне їх використання для систем сільськогосподарського водопостачання і краплинного зрошення за допомогою комбінованого шахтного водозабору конструкції ІВПіМ НААН.*

**Ключові слова:** підтоплення територій, ґрунтові води, сільськогосподарське водопостачання, горизонтальні дрени, шахтний колодязь

**Проблема та її актуальність.** Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України [1]. Система правовідносин, що формує екологічну безпеку [2], спрямована в першу чергу на захист суб'єктивного права громадян на безпечне життя і здоров'я довкілля.

Антропогенний вплив на природне середовище призводить до чисельних негативних наслідків, одним із найнегативніших є підтоплення населених пунктів, сільськогосподарських угідь, прибережних земель навколо водосховищ.

Підтоплення – це комплекс явищ, які призводять до стійкого підвищення рівня ґрунтових вод чи вологості порід зони аерації, що ускладнює або унеможлиблює нормальну експлуатацію господарських об'єктів [3-5]. Головними факторами підтоплення є господарська діяльність людини та зміна гідрокліматичних умов території. Природне підтоплення пов'язане з періодами максимального випадання опадів, підвищення рівня ґрунтових вод на ділянках неглибокого їх залягання, підвищення вологозапасів в зоні аерації.

Водосховища призводять до порушення природного водного балансу в регіональних масштабах, накопиченню природних запасів підземних вод, зменшенню темпів водообміну в системі напірних горизонтів і збільшенню водообміну ґрунтового горизонту з поверхнею. У зв'язку з підпором водосховищ збільшення опадів вище за норму може призвести до загрозливого стану на цих масивах.

**Основні причини підтоплення сільських територій.** Основними причинами підтоплення земель на півдні України є [4;6-9]:

1. Незадовільний техногенний стан дренажних систем. Переважна частина свердловин вертикального дренажу функціонує 20 і більше років. За цей час відбулося піскування фільтрів, зменшилась їх водозабірна спроможність внаслідок механічного, хімічного і біологічного кольматажу.

2. Ненадійність електропостачання в умовах економічної кризи, що призводить до зупинки роботи насосів на дренажних системах.

3. Циклічність кліматичних факторів, що інколи призводить до виникнення значних коливань річкового і підземного стоку та підняття рівнів ґрунтових вод і водності річок.

4. Спорудження водосховищ і ставків, зрошувальних каналів і систем та їх тривала експлуатація спричинили підняття ґрунтових вод ближче до поверхні землі внаслідок втрати 20-30% поданої в зрошувальні системи води на поповнення запасів ґрунтових вод в результаті інфільтрації води при поливах культур та фільтрації з каналів. Влаштування великих водосховищ завжди призводить до підвищення рівнів ґрунтових вод. Утворення Каховського водосховища сприяло розвитку підтоплення в Нікополі і Кам'янці Дніпровській. Після заповнення Дніпродзержинського та Кременчуцького водосховищ почалося підняття рівнів ґрунтових вод в Глобинському, Кобелянському районах. Підтоплення відчувається на відстані кількох десятків кілометрів від нових водоймищ.

5. Засипання ярів, балок, малих річок і струмків, джерел та інших природних місць розвантаження рівнів ґрунтових вод, які відіграють роль природного дренажу, є однією з причин підтоплення територій, оскільки це призводить до накопичення на поверхні території води, подальшої її інфільтрації в ґрунт і поповнення ґрунтових вод.

**Шляхи покращення екологічної ситуації.** Для запобігання подальшому розвитку негативних процесів та вирішення проблем підтоплення сільських територій можуть бути запропоновані такі шляхи [1-4;6-9]:

- відновлення роботи існуючих дренажних систем та забезпечення енергопостачання насосних станцій на колекторно-дренажній мережі;
- створення протиінфільтраційних облицювань на водотранспортній мережі;
- ощадливе ведення поливів на зрошуваних землях;

\*Науковий керівник – д.т.н., професор Хоружий П.Д.



– розчищення русел каналів колекторно-дренажної мережі та малих річок від замулення і за-смічення для безперешкодного скидання дренажних вод;

– розширення мережі лісосмуг (біологічного дренажу);

– будівництво нових дренажних систем;

– розширене використання ґрунтових вод для систем сільськогосподарського водопостачання і краплинного зрошення.

**Результати досліджень та їх аналіз.** Знизити рівні ґрунтових вод у локальних місцях підтоплення територій можна за допомогою комбінованого шахтного водозабору ґрунтових вод (рис.1). Основними елементами водозабору є шахтний колодезь 1, в який притікає вода по горизонтальних дренах 2. У підземному службовому приміщенні 3 шахтного колодезя встановлено водонапірний пневматичний резервуар 4 для зберігання регулюючого запасу води та автоматизації роботи горизонтального відцентрового насоса 5, котрий забирає воду із шахтного колодезя і подає її в цей резервуар, в якому знаходиться герметично закупорений поліетиленовий мішок (еластична оболонка) із стисненим повітрям для створення

необхідного тиску в напірному трубопроводі 6, що подає воду споживачам у системи сільськогосподарського водопостачання або краплинного зрошення.

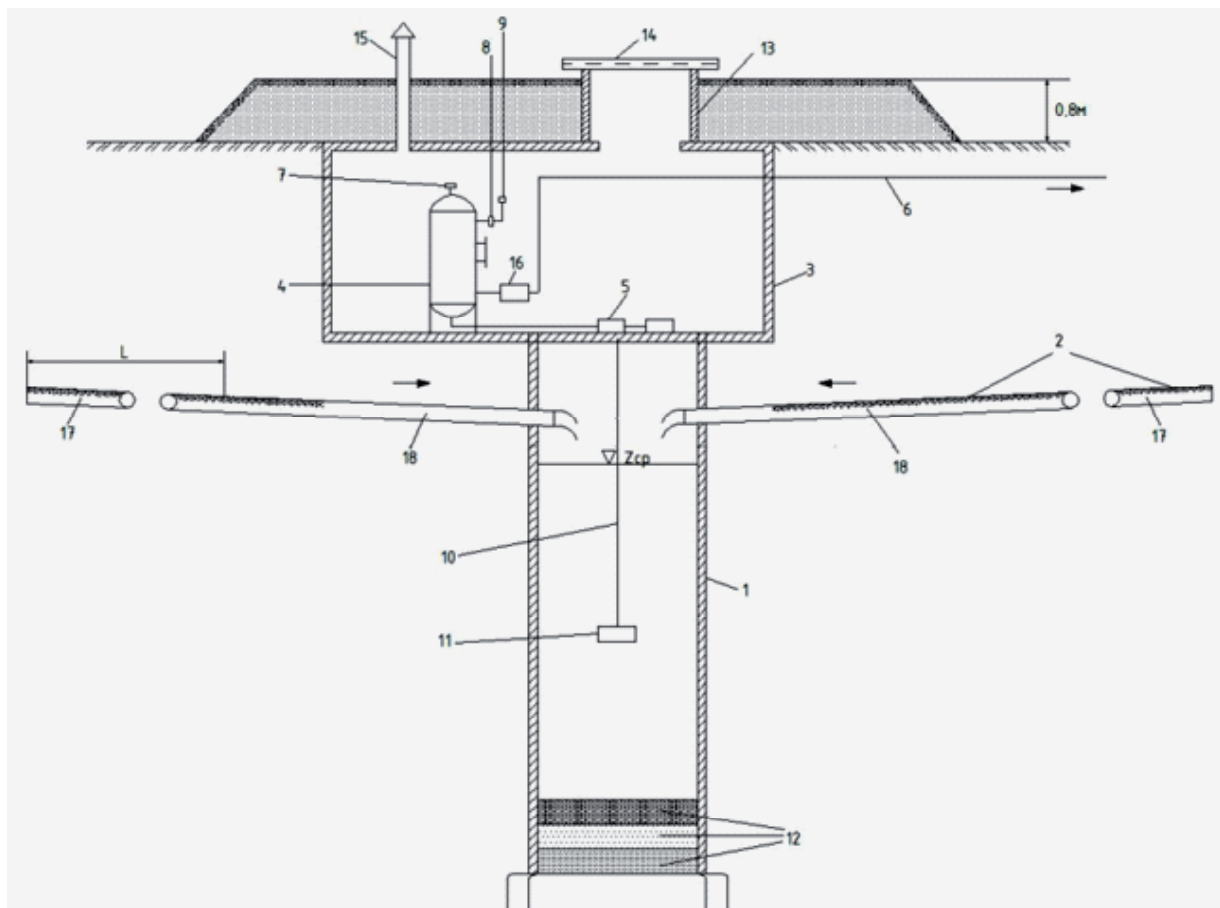
Водонапірний пневматичний резервуар обладнується запобіжним клапаном 7 для запобігання перевищенню максимального допустимого тиску в резервуарі та реле тиску 8 і пунктом керування 9 для автоматизації роботи установки.

На всмоктувальній трубі 10 відцентрового насоса 5 встановлюють водоприймальний клапан 11 для запобігання витіканню води з труби при зупинці насоса. На дні шахтного колодезя влаштовують зворотній 3-шаровий піщано-гравійний фільтр 12 для фільтрування води через дно колодезя.

Вода в колодезь притікає по горизонтальних дренах, які влаштовують з азбестоцементних, керамічних, пластмасових або бетонних труб з отворами [5, 10].

Горизонтальні дрени 2 складаються з двох частин: водоприймальної 17 і транспортувальної 18. Остання є продовженням водоприймальної частини і обладнується без отворів.

Отвори на трубах розміщують по верхній більшій частині бічної поверхні на висоту 2/3 діаметра



**Рис.1. Схема обладнання комбінованого шахтного водозабору ґрунтових вод:**

1 – шахтний колодезь; 2 – горизонтальні дрени; 3 – підземне службове приміщення; 4 – водонапірний пневматичний резервуар; 5 – горизонтальний відцентровий насос; 6 – напірний трубопровід для подачі води споживачам; 7 – запобіжний клапан; 8 – реле тиску; 9 – пункт керування; 10 – всмоктувальна труба; 11 – водоприймальний клапан; 12 – зворотній тришаровий фільтр; 13 – горловина; 14 – кришка; 15 – вентиляційна труба; 16 – бактерицидна установка; 17 – водоприймальна частина дрени; 18 – транспортувальна частина дрени

труби  $d$ . Нижню частину труби висотою  $1/3 d$  залишають без отворів і по ній рухається вода (рис. 2).

Дрени обсилають піщано-гравійним матеріалом, який виконує роль зворотнього фільтра, товщиною кожного шару не менше 150 мм або застосовують геотекстиль.

При двосторонньому живленні горизонтальної дрени її довжину визначають за формулою [10]:

$$L = \frac{Q}{K_{\phi}(H+h)I_{cp}}, \quad (1)$$

де  $Q=Q_p/n$  - розрахункова витрата води однієї дрени,  $m^3/добу$ ;  $Q_p$  - розрахункова витрата води, що забирається насосом із шахтного колодезя,  $m^3/добу$ ;  $n$  - кількість горизонтальних дрен;  $K_{\phi}$  - коефіцієнт фільтрації водоносної породи,  $m^3/добу$ ;  $I_{cp}$  - середній похил кривої депресії (для крупнопіщаних порід  $I_{cp}=0,003-0,006$ ; для пісків середньої крупності -  $0,006-0,02$ ; для супіщаних ґрунтів -  $0,02-0,05$ ).

Діаметр трубчастої дрени, яка працює неповним перерізом, визначають за умови, щоб при максимальному наповненні дрени, що дорівнює  $0,5d$ , швидкість руху води в ній була незамулюючою ( $0,7$  м/с) [10]:

$$d = \sqrt{3,64Q}, \quad (2)$$

Площу водоприймальних отворів, що припадає на 1 м дренажних труб горизонтального вобору, визначають за формулою [10]:

$$f_0 = \frac{Q_1}{86400\mu\sqrt{2gh_1}}, \quad (3)$$

де  $Q_1=Q/L$  - притікання води на 1 м довжини водоприймальної частини,  $m^3/добу$ ;  $\mu$  -  $0,6-0,62$  - коефіцієнт витрати;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> - прискорення вільного падіння;  $h_1$  - середній напір над водоприймальними отворами, м.

При розрахунках задаються діаметром одного отвору, визначають їх кількість та відстань між ними.

Повний об'єм водонапірного пневматичного резервуара 4 (рис.1) визначається за формулою:

$$W_p = \frac{W_{per} \varepsilon}{\varepsilon - 1}, \quad (4)$$

де  $W_{per}$  - регульований об'єм води в резервуарі, що визначається за умови не перевищення допустимого числа включень насоса за годину:

$$W_{per} = \frac{Q_n}{4n}, \quad (5)$$

де  $Q_n$  - середня подача відцентрового насоса 5 за період між його включенням і виключенням,  $m^3/год$ ;  $n$  - кількість включень насоса за годину (орієнтовно  $n=5-6$ );  $\varepsilon$  - відношення абсолютного максимального тиску до абсолютного мінімального тиску в резервуарі:

$$\varepsilon = (P_{max} + 0.1)/(P_{min} + 0.1). \quad (6)$$

На основі досліду проектування й експлуатації пневматичних водонапірних установок величина  $\varepsilon=1,33-2,0$ .

Мінімальний тиск, МПа, в резервуарі, при якому включається насос, визначають за умови забезпе-

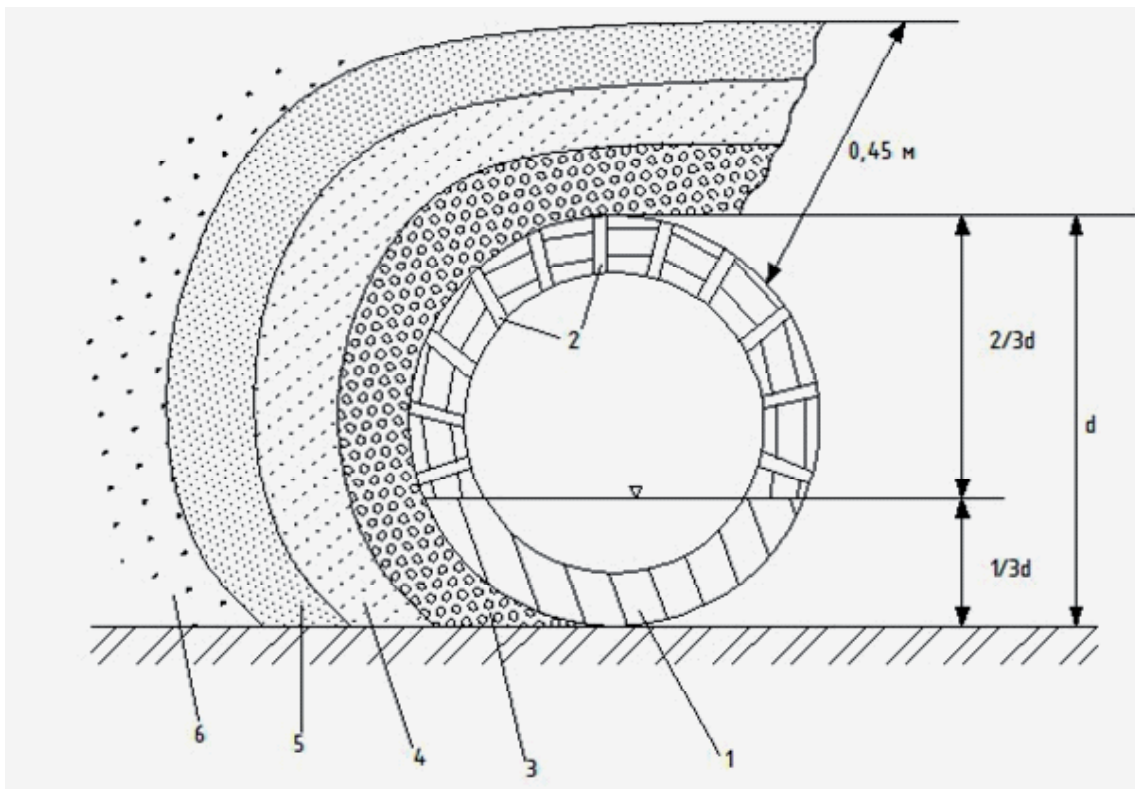


Рис. 2. Конструктивна схема водоприймальної частини трубчастої дрени:

1 – трубчаста водозбірна дрена; 2 – водоприймальні отвори; 3 – щербинь; 4 – гравій; 5 – пісок; 6 – водоносна порода

чення розрахункового вільного напору в диктуючій точці мережі, що обслуговує водоспоживачів:

$$P_{min} = 0,00981(z_{3g} + H_{3g} + \Sigma h - z_1), \quad (7)$$

де  $z_{3g}$  - відмітка поверхні землі в диктуючій точці, м;  $H_{pg}$  - розрахунковий вільний напір у цій точці, м;  $\Sigma h$  - сума втрат напору на шляху руху води від водонапірного резервуара до диктуючої точки, м;  $Z_1$  - мінімальна відмітка рівня води у водонапірному резервуарі, м; 0,00981 - коефіцієнт переведення метрів водяного стовпа в мегапаскалі.

Максимальний тиск у водонапірному резервуарі  $P_{max}$ , при якому відцентровий насос відключається, визначають з формули (6) при заданому коефіцієнті  $\varepsilon$ .

Відцентровий насос 5 (рис.1), що працює сумісно з водонапірним резервуаром 4, підбирають, визначивши розрахункові величини витрати води  $Q_n$  і напору  $H_p$  за формулами:

$$Q_n = Q_{pmax}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (8)$$

$$H_p = \frac{z_1 + z_2}{2} - z_{cp} + \frac{10^2(P_{min} + P_{max})}{2} + \Sigma h_k, \text{ м}, \quad (9)$$

де  $Q_{pmax}$  - максимальна витрата води всіма водоспоживачами,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $Z_2$  - максимальна відмітка рівня води у водонапірному резервуарі, яка дорівнює:

$$z_2 = z_1 + \frac{4W_{per}}{\pi d_p^2}, \text{ м} \quad (10)$$

де  $d_p$  - діаметр водонапірного пневматичного резервуара, м;  $z_{cp}$  - середня відмітка рівня води у шахтному колодязі 1 (рис.1) за період роботи насоса, м;  $\Sigma h_k$  - сума втрат напору в комунікаціях насосної установки, яку орієнтовно можна прийняти 2-3 м [10].

Якщо колі-індекс води, що надходить у шахтний колодязь, не більше  $1000 \text{ од}/\text{дм}^3$ , вміст заліза до  $0,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$  і каламутність води до  $2 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , то для знезараження води рекомендується застосовувати бактерицидні установки 16 (рис.1), які можна встановлювати на всмоктувальних або напірних лініях насоса.

Необхідну кількість бактерицидних ламп в установці визначають розрахунками [10] залежно від величини розрахункових витрат води  $Q_p$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$  та колі-індексу вихідної води.

**Висновки.** Антропогенний вплив на природне середовище призводить до багатьох негативних наслідків, одним з найнегативніших серед яких є підтоплення населених пунктів, сільськогосподарських угідь, прибережних земель навколо водосховищ. Підтоплення території спостерігається на відстані кількох десятків кілометрів від нових водосховищ. Основними причинами підтоплення на півдні України є незадовільний технічний стан і функціонування дренажних систем в умовах значного коливання річкового і підземного стоку та відсутність природних місць розвантаження рівнів ґрунтових вод. Знижувати рівні ґрунтових вод у локальних місцях підтоплених територій доцільно за допомогою запропонованого комбінованого шахтного водозабору ґрунтових вод для їх використання в системах сільськогосподарського водопостачання і краплинного

зрошення. При заборі ґрунтових вод відбувається зниження їх рівнів за одночасного забезпечення сільських споживачів якісною водою.

Підбір горизонтальних відцентрових насосів та розрахунок горизонтальних водоприймальних дрен і водонапірного пневматичного резервуара з пристроями для автоматичного управління роботою насоса виконуються за наведеною методикою.

**Бібліографія**

1. Разметаев С.В. Правові проблеми державної політики України у галузі забезпечення екологічної безпеки / Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов / С.В. Разметаев // Сборник научных трудов XX международной научно-технической конференции // Харьков, УкрВОДГЕО, 2012 – С.457-465.
2. Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України від 21.12.2010 р., №2818-VI // Офіційний вісник України – 2011. - №3- С.158.
3. Дренажные системы в зоне орошения / Н.Г. Бугай, Н.Г. Виноградов, В.В. Внучков и др.: под ред. А.Я. Олейника. – К.: Урожай, 1986. – 192 с.
4. Яковлев Є.С. Вплив сучасних факторів регіонального підтоплення земель України на формування національних загроз / Є.О. Яковлев, О.С. Волошкіна, П.М. Копка // Екологія і ресурси. – 2005. – Вип.12. – 15-36.
5. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі таспоруди. Основні положення проектування. – К.: Укрархбуд-інформ, 2014 – 209с.
6. Медведєв О.Ю. Підтоплення населених пунктів Одещини: дійсність і перспектива / О.Ю. Медведєв // Водне господарство України. – 2006. – №3. – С.35-39.
7. Ромащенко М.І. Підтоплення півдня України: причини та запобіжні заходи / М.І. Ромащенко, Д.П. Савчук // Водне господарство України. – 1998. – №5-6. – С.6-12.
8. Медведєв О.Ю. Фактори і джерела підтоплення населених пунктів / О.Ю. Медведєв // Водне господарство України. – 2001. – №3-4. – С.39-41.
9. «Актуальні проблеми зрошення, підтоплення та повеней в Україні». Інформаційно-аналітичні матеріали до парламентських слухань 15.02.2006 р.
10. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – К.: Аграрна наука, 2008. – 534с.

**П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, І.А. Кукла**

**Шахтний колодець з горизонтальними дренами для забору и подачи инфильтрационных вод в зонах подтопления сельских территорий**

Рассмотрены основные причины подтопления сельскохозяйственных территорий и показано, что одной из мер снижения уровней грунтовых вод может быть интенсивное их использование для систем сельскохозяйственного водоснабжения и капельного орошения с помощью комбинированного шахтного водозабора конструкции ИВПиМ НААН.

**P.D. Horuzhy, T.P. Khomutetska, I.O. Kukla**

**Mine wells with horizontal drains for taking and giving of infiltration water in rural areas flooding**

The main reasons flooding of agricultural areas and shows that one of the measures reducing levels of ground water can be intense for their use of agricultural water and drip irrigation using the combined mine water intake structures IWPLR.

УДК 631.67:528.88 (15)

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОСТОРОВОГО ОЦІНЮВАННЯ ВОДНО-ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ЕКОЛОГО-МЕЛІОРАТИВНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ

**А.М. ШЕВЧЕНКО**, канд. с.-г. наук,

**О.В. ВЛАСОВА**, канд. с.-г. наук

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Розглянуто напрями удосконалення системи просторового оцінювання водно-екологічних та еколого-меліоративних ситуацій за рахунок запропонованих методів, методик і технологій, що базуються на застосуванні супутникової інформації певної категорії.*

**Ключові слова:** система просторового оцінювання, водно-екологічні та еколого-меліоративні ситуації, радіаційний баланс водних мас, вологозапаси, моніторинг засолення ґрунтів, індекси-показники

**Постановка питання.** Просторове оцінювання водно-екологічних та еколого-меліоративних ситуацій, тобто прояву, насамперед, несприятливих процесів у ході використання вод, або явищ природного характеру, пов'язаних із дією водного чинника, ґрунтується на визначенні інтегральної характеристики стану окремих складових довілля, зокрема стану водних і земельних ресурсів. Складові інтегральних показників можна визначати за даними наземних спостережень, за статистичною і нормативною інформацією та просторово розподіленими супутниковими даними. Використання саме супутникових даних різного просторового розрізнення, як оперативного джерела інформації з одночасним охопленням значних за площею ділянок, у тому числі у важкодоступних місцях, є актуальним на сьогодні і дає змогу удосконалити систему просторового оцінювання водоресурсного потенціалу, ризику або фактичного прояву небезпечних екологічних ситуацій, значно підвищивши інформативність наземних досліджень.

**Метою роботи** є удосконалення системи просторового оцінювання водно-екологічних та еколого-меліоративних ситуацій за рахунок запропонованих методів, методик і технологій, що дають змогу перетворювати супутникові і допоміжні дані з подальшим аналізом стану водних об'єктів і меліорованих земель. Запропоновані методи, методики і технології базуються на застосуванні супутникової інформації певної категорії. При цьому трактується вони, за визначенням О.А. Войнова [1], так:

– метод – процедура перетворення супутникових і допоміжних даних з метою виконання конкретної операції;

– методика – сукупність взаємопов'язаних методів для отримання з супутникових і допоміжних даних необхідної інформації про характеристики природних та антропогенних об'єктів або процесів;

– технологія (інформаційна) – це методика обробки, що забезпечує отримання інформації про характеристики природних та антропогенних об'єктів і процесів у заданій формі, яка зорієнтована на певні технічні засоби та організаційно і технічно пристосована до оперативної або епізодичної практики використання супутникової інформації.

Необхідна супутникова інформація для удосконалення системи просторового оцінювання складається з таких категорій:

«а» – для системи спостережень за процесами, що досліджуються на великих за розмірами територіях (регіонів, басейнів тощо) – супутникова інформація низької розрізняльної здатності, зокрема NOAA (250-1100 м) з циклом відвідування супутником певної території протягом доби;

«б» – для оцінювання стану водних об'єктів і територій зрошення, затоплення, підтоплення, класифікації земної поверхні, розрахунків вегетаційних індексів, відбивної здатності, температури земної поверхні на невеликих за розміром територіях – мультиспектральні супутникові дані та композити від супутникових систем високої розрізняльної здатності, зокрема Landsat 7 (30 м) з циклом відвідування 16 діб, Січ-2 (7,8 м);

«в» – для розрізнення невеликих за розміром об'єктів на земній поверхні, визначення фактичних площ зрошення, просторового розподілу вологості верхнього шару ґрунту, площ підтоплення та затоплення – інформація високої розрізняльної здатності, що отримується з панхроматичних знімків, зокрема EarthSat (14,5 м), Landsat 8 (15 м).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Удосконалення системи та методично-технологічного забезпечення базувалось на дослідженнях зарубіжних і вітчизняних науковців з оцінювання стану водних і земельних ресурсів на основі використання дистанційного зондування Землі. Питанню оцінки стану водних об'єктів присвячено роботи R.D. Jackson, 1981; J. Jensen, 2000; О.О. Мазуркевича та В.В. Серенка, 2002; Г.Я. Красовського, 2003 та ін., які дали поштовх до розробки в Інституті водних проблем і меліорації НААН (ІВПіМ) методичного підходу щодо визначення показників екологічного стану водосховищ та великих річок за елементами радіаційного балансу водних об'єктів на основі сучасних супутникових технологій [2]. У подальшому ця робота стала базовою методичною основою оцінки водно-екологічних ситуацій з використанням супутникових даних.

Просторове оцінювання еколого-меліоративних ситуацій за супутниковими даними ґрунтується на

встановленні емпіричних (спектральні індекси) і біофізичних показників (євапотранспірація, волога, альbedo тощо) для визначення вологозапасів у межах поля або зрошувальних систем, ідентифікації поли-тих земель та оцінки якості виконання поливів, вияв-лення процесів вторинного засолення ґрунтів, їхньо-го перезволоження тощо. Перші дослідження з цих актуальних питань проводили Jeckson та Menenti з колегами [3, 4]. Ними були використані дані з амери-канського супутника Landsat для побудови карт іден-тифікованих культур та дефіциту вологи. Їхні роботи продовжили W.G.M. Bastiaanssen і G.J. Roerink [5, 6]. Поеднанню двох різних методів (емпіричного і біофізичного) з використанням мультиспектральних супутникових даних для визначення стану культур безпосередньо перед вегетацією і протягом вегетаційного періоду присвячена робота Al-Khaier [7]. Продовженням цих і багатьох інших робіт стала розробка в ІВПіМ методичного підходу до оцінювання еколого-меліоративних ситуацій за супутниковими даними [8].

Викладені нижче методологічні наробки умов-но диференційовані за двома видами просторового оцінювання: водно-екологічних (оцінювання стану водних об'єктів) та еколого-меліоративних ситуацій (оцінювання стану земельних ресурсів, насамперед на меліорованих угіддях), кожний з яких спирається на певні методи, методики, категорії супутникової інформації (рис.1).

**Методики та результати досліджень.** Методика просторового оцінювання водно-екологічних ситу-ацій ґрунтується на визначенні складових радіацій-ного балансу водних мас за даними знімків високого

просторового розрізнення супутників Landsat та ASTER. Вона відпрацьована на прикладі Канівського водосховища та Молочного лиману. Оцінювати водні об'єкти нами запропоновано за складовими рівняння радіаційного балансу водних мас. Сумарна радіація водної товщі  $L_t$  є функцією електромагнітної радіа-ції, має чотири складові і визначається за формулою [9]:

$$L_t = L_p + L_s + L_v + L_b, \quad (1)$$

де:  $L_p$  – сума сонячної радіації та атмосферно-го випромінювання;  $L_s$  – радіація, що доходить до водної поверхні, проникає у надтонкий міліметровий шар і відбивається від поверхні;  $L_v$  – радіація, що проникає у повітряно-водне середовище, взаємодіє з органічними (або неорганічними) включеннями і забезпечує інформацію про характеристики водної маси водойми;  $L_b$  – радіація, що доходить до нижньої водної границі, розповсюджується, відбивається від дна і крізь товщу води виходить на поверхню.

Оскільки першою складовою рівняння (1) є вплив атмосфери, нами запропоновано виконувати атмосферну корекцію супутникового знімка за ал-горитмом, що містить такі кроки: отримання даних заголовкового файлу, аналіз даних, побудова моде-лі, або отримання знімка з мінімальним відсотком хмарності.

За другою складовою у ході апробації методики проведено класифікацію водної поверхні за методом максимальної подібності на прикладі Канівського водосховища. Виявлено місця заростання мілководь і підраховано коливання площі водного дзеркала в літню межінь та осінній період 2011 – 2012 рр.



Рис. 1. Алгоритм удосконалення системи просторового оцінювання водно-екологічних та еколого-меліоративних ситуацій з використанням супутникових даних

Встановлено, що значення показника стану рослинного покриву, які близькі до -0,5, характерні для мілководних ділянок водойм з глибинами 0–1,0 м, значення від 0,5 і вище є ознакою заростання водойм макрофітами (крупними багатоклітинними водоростями). При дослідженні процесу евтрофікації побудовано карту ізоліній переформування берегів станом на 2004 і 2012 рр. За результатами досліджень визначено середньорічну та сезонну динаміку коливання площі водного дзеркала водосховища, а також підтверджено наявність тенденції її зменшення в середньому на 13 км<sup>2</sup> за період з 2004 р. по 2012 р.

За третьою складовою рівняння (1) на прикладі Молочного лиману визначено відбиття граничного шару води та приповерхневих мас і проведено класифікацію завислих часток неорганічного походження, що акумулюють розчинну сіль з підвищенням температурного режиму. Було встановлено, що із зменшенням площі водного дзеркала лиману спостерігалось збільшення солоності води на 0,05–0,06 г/дм<sup>3</sup>. На об'єкті проведено аналіз рядів динаміки результатів тематично-аналітичної обробки супутникових даних. Часовий порядок  $y = f(t) + \varepsilon_t$  складається з систематичної функції часу  $f(t)$ , для якої в ІВПіМ створено базу з 39 супутникових знімків Landsat 5, Landsat 7 за таким сезонним рядом: червень–серпень 2009 р., червень–серпень 2010 р., липень–серпень 2011 р., квітень–серпень 2013 р., квітень–червень 2014 р. На кожну дату отриманого ряду розраховано температуру поверхні та площу водного дзеркала лиману. Аналіз отриманих результатів показав, що за умов невисоких температур поверхні лиману (до 34,5 °С) площа водного дзеркала виокремленого гідроландшафту сягала максимуму 134,3 км<sup>2</sup> у 2010 р., а відповідно і максимальна концентрація солі у воді становила 23,4 г/дм<sup>3</sup>. З підвищенням температури поверхні до 38,8 °С (2014 р.) площа водного дзеркала зменшилася до 108,5 км<sup>2</sup>, а концентрація солі у воді збільшилася до 40–50 г/дм<sup>3</sup>. Проведена на основі супутникової інформації класифікація завислих часток неорганічного походження, що акумулюють розчинну сіль з підвищенням температурного режиму, та визначення концентрації солі у воді по всій акваторії лиману дали змогу перейти від значень показника в окремих пунктах спостережень до його просторового розподілу.

Просторове оцінювання еколого-меліоративних ситуацій має такі складові: методичні підходи з оцінювання наявних вологозапасів та методичні підходи з оцінювання ґрунтово-екологічних ситуацій. Оцінювати зміни вологозапасів  $\Delta V$  [10] запропоновано за методом визначення їх динаміки за формулою:

$$\Delta V = P + I - q - (R_n - G_0 - H) / \Lambda, \quad (2)$$

де  $P$  – опади,  $I$  – водоподача на зрошення,  $q$  – інфільтрація (перетік у ґрунті),  $R_n$  – чиста радіація (миттєва радіація),  $G_0$  – тепловий потік (теплообмін) у ґрунті,  $H$  – видимий тепловий потік,  $\Lambda$  – випаровування з ґрунту.

Метод апробовано для умов зрошення на пілотній території ДП «Дослідне господарство «Асканійське» Каховського району Херсонської області із застосуванням мультиспектральних даних супутників Landsat 5, Landsat 7 (2008, 2011 рр.). Результати отримано шляхом обчислення функції приналежності методу багатокритеріальної оптимізації (системний аналіз) із зведенням розв'язання задачі до субоптимального. На основі площ виділених зволжених ділянок була обчислена функція  $F_{pixel}$ , що характеризує поливну норму. У ході аналізу було встановлено, які саме пікселі чорні (вологі) чи білі (сухі) складають вилиту на поле норму. Карта наявних водних запасів дала відповідь на питання, чи дотримано строки і норми поливу.

Для характеристики еколого-меліоративних ситуацій також запропоновано такі методики:

– оцінювання наявних запасів вологи за спектральними індексами, що ґрунтується на визначенні та застосуванні емпіричних показників, до яких належать спектральні індекси;

– оцінювання ефективності роботи зрошувальної системи у часі за індексом-показником динаміки зрошення  $I_F$ , яке ґрунтується на твердженні, що результат роботи зрошувальної системи є додатковим водним навантаженням на територію ділянок зі зміненими умовами природного зволоження, зокрема фактично политих земель. Запропонована методика передбачає визначення індекса-показника динаміки зрошення  $I_F$ , що дає можливість оцінити ефективність роботи зрошувальної системи у часі. Індекс розраховується як відношення фактично политой площі  $F_A$ , га (визначається за супутниковими даними) до площі зрошуваних земель  $F_{ir}$ , га за запропонованою формулою:

$$I_F = F_A / F_{ir}; \quad (3)$$

– оцінювання ефективності роботи дощувальної техніки за індексом-показником  $F_{NDWI}$ , який передбачає, що фактична площа политих земель на певний момент  $F_{NDWI}$  визначається через карту нормалізованого різницевого індексу зволоженості NDWI. Індекс-показник ефективності роботи дощувальної техніки розраховується за запропонованою формулою:

$$I_{NDWI} = F_{NDWI} / F_{ir}; \quad (4)$$

– оцінювання ефективності захисту земель від підтоплення за індексом-показником  $I_{NWI}$ , що розраховується як відношення площі просторового розподілу вологості верхнього шару ґрунту  $F_{NWI}$ , га (результат ефективної роботи дренажної системи) до площі дренажної системи  $F_{dr}$ , га за запропонованою формулою:

$$I_{NWI} = F_{NWI} / F_{dr} \quad (5)$$

Оцінювання еколого-меліоративних ситуацій, зокрема розвитку ґрунтово-екологічних процесів з використанням супутникової інформації, включає проведення моніторингу засолення ґрунтів. У да-

ному контексті нами розроблено методичні підходи до ідентифікації засолених ґрунтів, виявлення закономірностей просторово-часової динаміки їх стану, ступеня засолення, визначення просторової – площинної та вертикальної мінливості наявних солей у профілі ґрунтів та їх картографічного моделювання за супутниковою інформацією [11, 12]. За методикою виявлення змін у засолених ґрунтах, що ґрунтується на порівнянні класифікованих ділянок ґрунту різного ступеня засолення, було визначено, що за двадцять років на землях Каланчацького зрошувального масиву Херсонської області відбулося збільшення площі незасоленних земель і зменшення площі середньо- та сильнозасоленних земель, що підтверджується зйомками засоленних ґрунтів, здійсненими Каховською гідрогеолого-меліоративною експедицією. Для ідентифікації солончаків, соляної кірки та ґрунтів різного ступеня засолення на зрошуваних землях запропоновано використовувати метод спектральних сигнатур, що ґрунтується на визначенні та візуалізації взаємозв'язку між довжиною хвилі електромагнітного випромінювання і відбиттям поверхні.

Для оцінювання стану приповерхневого шару ґрунту на територіях зрошення розроблено методику, яка ґрунтується на використанні спектральних індексів: нормалізованого диференційного вегетаційного індексу (NDVI) та індексу засолення ґрунтів (SSI) і зіставленні їх з наземною інформацією. Визначено, що індекс засолення ґрунтів SSI найбільш точно ідентифікує наявність солей у приповерхневому шарі, що підтверджено співставленням карт засолення ґрунту у різних шарах 0,00-0,25 м, 0,25-0,50 м і 0,0-1,0 м та карти SSI.

Для оброблення великої кількості просторово розподіленої супутникової інформації в ІВПіМ розроблено програмний продукт «Автоматизація процесу оцінювання вегетаційних індексів», в якому виконується регресійний і кореляційний аналіз супутникової інформації. Після організації бази композитних даних було проведено їх кореляційний аналіз при оцінюванні водозабезпеченості територій за трьома показниками: біомаса (NDVI), волога (VCI), температура (TCI) для територій Херсонської і Запорізької областей та територій Каховської, Північно-Рогачицької зрошувальних систем (ЗС) за 2005-2014 рр. За результатами проведеного аналізу композитних даних за їх величиною найбільш тісний кореляційний зв'язок (позитивна кореляція) виявлено між біомасою та температурою, коефіцієнт кореляції яких становить для досліджуваних територій: Запорізька обл. – 0,891, Херсонська обл. – 0,945, Північно-Рогачицька ЗС – 0,908, Каховська ЗС – 0,917. Обернений зв'язок (від'ємна кореляція) виявлено між вологою і температурою: Запорізька обл. – 0,061, Херсонська обл. – 0,553, Північно-Рогачицька ЗС – 0,043 та непряма кореляція -0,334 – Каховська ЗС.

Для вирішення питання поєднання результатів оцінювання об'єктів за супутниковою та наземною інформацією в ІВПіМ запропоновано індекс багатокритеріальної оцінки  $I_{\text{БО}}$  на основі єдиної

еталонної шкали. Індекс протестовано для території Херсонської області (2005-2013 рр.) за показниками, що визначалися за супутниковими даними: NDVI – коефіцієнт, TCI – температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), VCI – %НВ. Розрахунки підтверджено проведеними аналізами регресії та кореляції за той самий інтервал часу і на тій самій території. Таким чином, замість трьох показників маємо один.

**Висновки.** Ефективним засобом підвищення рівня інформативності наземних досліджень щодо просторового оцінювання водно-екологічних та еколого-меліоративних ситуацій є застосування супутникової інформації. Оцінювання водних об'єктів за супутниковими даними доцільно здійснювати за їх радіаційним балансом, а складові сумарної радіації водної товщі слід визначати за мультиспектральними супутниковими даними. Визначені складові можуть використовуватись як окремі показники екологічного стану поверхневих вод (евтрофікація; накопичення осадів; забруднення вод; зони різної концентрації суспензій, що сприяють переносу солей; ділянки мілководь за глибиною, їх заростання; твердий стік) при розробці системи заходів з його поліпшення. Оцінювання водоресурсних та еколого-меліоративних ситуацій (наявність вологозапасів у межах поля, ідентифікація поливних земель та оцінка якості виконання поливів, виявлення процесів перезволоження та вторинного засолення ґрунтів) за супутниковими даними доцільно здійснювати за емпіричними (спектральні індекси) і біофізичними показниками (евапотранспірація, волога, альbedo тощо).



**Бібліографія**

1. Войнов О.А. Мониторинг состояния агроценозов аэрокосмическими методами / О.А. Войнов. – К.: [Ин-т телекоммуникаций и глоб. информ. пространства]. – 2005. – 392 с.: ил. – Библиогр.: с. 369–390.
2. Шевченко А.М. Методичні засади оцінювання стану водних об'єктів за радіаційним балансом / А.М. Шевченко, О.В. Власова, П.П. Боженко // Меліорація і водне господарство. – 2013. – Вип. 100. – С. 143-151.
3. Jackson R.D. Canopy temperature as a crop water stress indicator, *Water Resources Research* / R.D. Jackson, S.B. Idso, R.J. Reginato, P.J. Pinter. – 1981. – 17: – P. 1133–1138.
4. Menenti M. Appraisal of irrigation performance with satellite data and georeferenced information / M. Menenti, T.N. Visser, J.A. Morabito, A. Drovandi // *Irrigation theory and practice, Proc. Of the Int. Conf., Institute of irrigation studies, Southampton, 12–15 September*; – 1989. – P. 785–801. Pentech Press, London.
5. Bastiaanssen W.G.M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates / Ph.D. Thesis, Landbouw Universiteit, Wageningen, The Netherlands. – 1995.
6. Roerink G.J. S-SEBI: A Simple Remote Sensing Algorithm to Estimate the Surface Energy Balance / G.J. Roerink, Su Z. et al. // *Phys. Chem. Earth (B)*, – 2000, Vol.25, No 2, – P. 147–157.
7. Al-Khaier. Soil salinity detection using satellite remote sensing / Thesis. International institute for geo-information science and earth observation Enscheda, The Netherlands. – 2003. 70 p.
8. Власова О.В. Інформаційне забезпечення планування зрошення за просторово розподіленими даними / О.В. Власова // Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць. – 2007. – Вип. 51. – Херсон: Айлант. – С. 40–46.
9. Jensen J. Remote Sensing of Water. Geography University of South Carolina Columbia / J. Jensen. – 2000. – № 11. – P. 1–34.
10. Мультидисциплінарний аналіз аерокосмічної і наземної інформації при оцінці стану водних екосистем на основі методів системного аналізу / О.Д. Федоровський, А.М. Шевченко, О.В. Власова [та ін.] // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 7 (2015). – С 27-42.
11. Шевченко А.М. Розвиток методичних засад оцінювання стану засолених земель у межах зрошувальних систем за супутниковими даними / А.М. Шевченко, О.В. Власова, М.П. Рябцев // Меліорація і водне господарство. – 2015. – Вип.102. – С. 59-62.
12. Власова О.В. Методика виявлення змін у засолених ґрунтах за супутниковими даними / О.В. Власова, А.М. Шевченко // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – Вип. 2, – 2015. – С. 42-46.

**А.Н. Шевченко, Е.В. Власова**

**Усовершенствование системы пространственной оценки водно-экологических и эколого-мелиоративных ситуаций с использованием спутниковых данных**

Рассмотрено пути усовершенствования системы пространственной оценки водно-экологических и эколого-мелиоративных ситуаций за счет предложенных методов, методик и технологий, в основу которых положено использование спутниковых данных определенных категорий.

**A.M. Shevchenko, O.V. Vlasova**

**The system of spatial estimation water-ecological and ecological-land reclamation situation by remote sensing are advanced**

It has been studied an advanced system of spatial estimation water-ecological and ecological-land reclamation situations using the proposed methods, techniques and technologies, which are based on the use of satellite data of certain categories.

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМ ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

**С. В. КУЛАКІВСЬКИЙ,**  
**С.Р. СТАСЮК,**  
**Д.О. СІЛЯНОК,**  
**П.Д. ХОРУЖИЙ** док. техн. наук,  
**Д.В. ЧАРНИЙ** канд. техн. наук  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Наведено результати аналізу сучасних напрямів розвитку замкнених систем водокористування на підприємствах АПК з урахуванням необхідності мінімізації забору «свіжої» води з природних водних джерел, виключення скидання в них неочищених стічних вод та їх використання на технічні потреби і в сільськогосподарському виробництві при мінімізації питомих капітальних і експлуатаційних витрат.*

**Ключові слова:** природні води, стічні води, підприємства АПК, замкнені системи водокористування, очищення води, технічна вода, питна вода

**Проблема та її актуальність.** При вирішенні проблем водозабезпечення населення і всіх галузей економіки в умовах обмеження природних запасів прісної води та їх прогресуючого забруднення стічними водами усе більшого значення набувають питання ресурсозбереження (раціонального і економного витрачання води, матеріалів та енергетичних ресурсів). Це можливо здійснити шляхом інтенсифікації роботи водопровідних споруд, підвищення їх технічної надійності та економічності без нанесення шкоди довкіллю.

У системах сільськогосподарського водопостачання і каналізації, вирішення цієї проблеми вимагає розробки замкнених систем водокористування для підприємств агропромислового комплексу (АПК) на основі використання новітніх технологій очищення природних і стічних вод та розробки методики виконання гідравлічних та техніко-економічних розрахунків систем подачі і розподілу води з визначенням оптимальних режимів сумісної роботи водопровідних споруд. Нинішня ситуація характеризується такими показниками:

- на підприємствах АПК використовують воду на різні потреби. Деякі процедури (технічна вода) не вимагають якості води для питних потреб, а тому доцільно розділити вихідну воду на технічну і питну і встановити, при яких умовах доцільно це використовувати;

- існуючі станції підготовки води з природних водних джерел дорогі у будівництві, складні в експлуатації і мають невелику ефективність очищення;

- для очищення стічних вод використовують традиційні біологічні очисні споруди, що включають механічну і біологічну очистку, доочистку та зневоднення осадів; такі технологічні схеми дорогі і складні в експлуатації;

- недостатньо очищені стічні води скидають у водойми, що призводить до забруднення довкілля.

Таким чином, для економного витрачання водних, матеріальних і енергетичних ресурсів при забезпеченні споживачів в сільській місцевості водою заданої якості під необхідним напором та мінімізації

скидання очищених стічних вод у природні водойми при забезпеченні належного захисту довкілля необхідно обґрунтувати замкнені системи водокористування для підприємств агропромислового комплексу, розташованих у сільській місцевості, склад і конструкції споруд для забору, подачі, очищення і розподілення води з природних джерел для глибокого очищення та повторного використання стічних вод на підприємствах АПК.

**Характерні особливості водокористування на підприємствах АПК. Задачі та методика наукових досліджень.** Підприємства по переробці сільськогосподарської продукції мають дві характерні особливості, що полягають у розташуванні їх переважно у сільській місцевості, а також у нетоксичності їхніх стоків, що дає можливість після мікробіологічної обробки використовувати їх осади як добрива, а очищені води для поливу і технічного водопостачання (табл.1).

**Замкнені системи водокористування на підприємствах АПК.** Залежно від наявності того чи іншого природного джерела водопостачання (поверхневі або підземні води) можливі дві принципові технологічні схеми замкнених систем водного господарства на підприємствах АПК, які відрізняються між собою лише технологією підготовки питної води. Спільними в цих двох схемах є такі принципові підходи:

- розділення вихідної води на технічну і питну;
- застосування механічної і біологічної очистки для очищення стічних вод;

- використання осаду стічних вод для удобрення сільгоспкультур;

- використання стічних вод після біологічної очистки для подачі на поля зрошення;

- відведення очищених дренажних вод для повторного використання на технічні потреби підприємств АПК.

При наявності поверхневих джерел водопостачання (річка, ставок, озеро тощо) виникає можливість створення компактною системи водного господарства для забезпечення ефективної роботи підприємства по переробці сільськогосподарської

## 1. Специфіка підприємств по переробці сільськогосподарської продукції

№ п/п	Характерні особливості підприємств
1	Стічні води, як правило, не токсичні, мають велику кількість органічних речовин, які після мікробіологічної переробки можна використовувати як добрива для сільськогосподарських культур.
2	Підприємства розташовані переважно в сільській місцевості, а отже мають можливість використовувати такі специфічні споруди для біологічного очищення стічних вод як поля зрошення, поля фільтрації і біоставки.

продукції, вирощування технічних сільгоспкультур на полях зрошення, а також ефективної очистки стічних вод з повторним їх використанням на технічні потреби на цьому підприємстві (рис. 1).

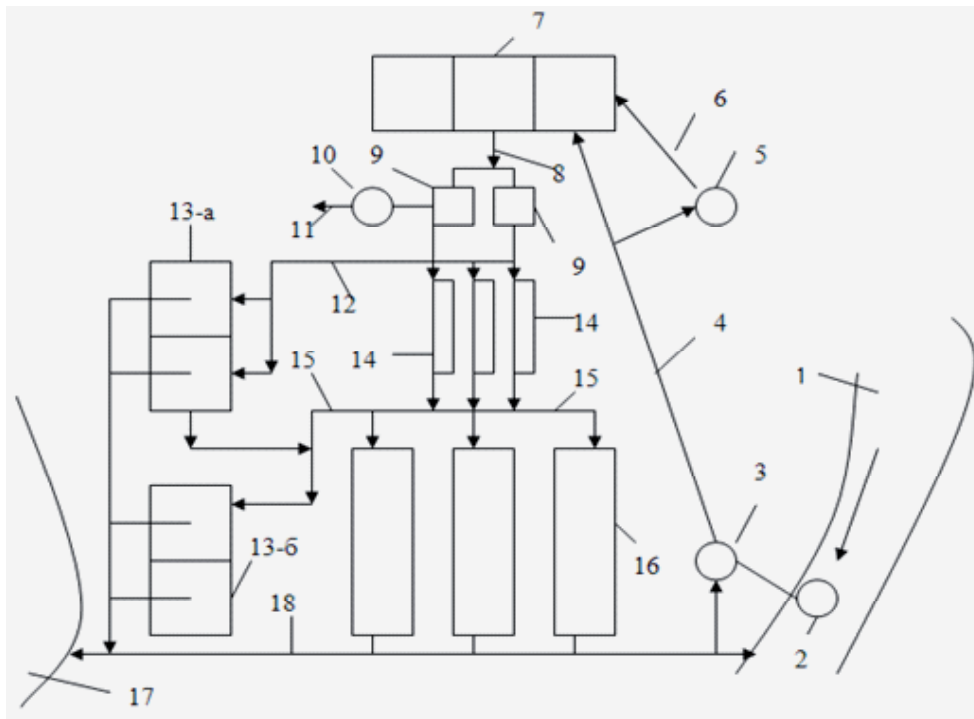
Вода з ріки 1 забирається фільтрувальним оголовком 2, очищається на споруді 3 до показників якості технічної води і подається по водоводу 4 на технічні потреби підприємства 7. Для доочищення і знезараження технічної води до нормативів питної якості використовується установка 5 продуктивністю, що дорівнює розрахунковим витратам питної води на даному підприємстві. Ця вода подається по водоводу 6. Для очистки стічних вод, які скидаються від підприємства по трубах 8, використовуються споруди механічного 9 і біологічного 14 (біофільтри) очищення. Утворений осад перекачується муловою насосною станцією по трубопроводу 11 на заорювання.

Стічна вода скидається по трубах 12 або 15 (залежно від пори року) на поля зрошення 16 або поля фільтрації 13. Можливі два варіанта скидання води на поля фільтрації (залежно від якості і кількості стічних вод): безпосередньо після відстійників (13-а) або після біофільтрів (13-б).

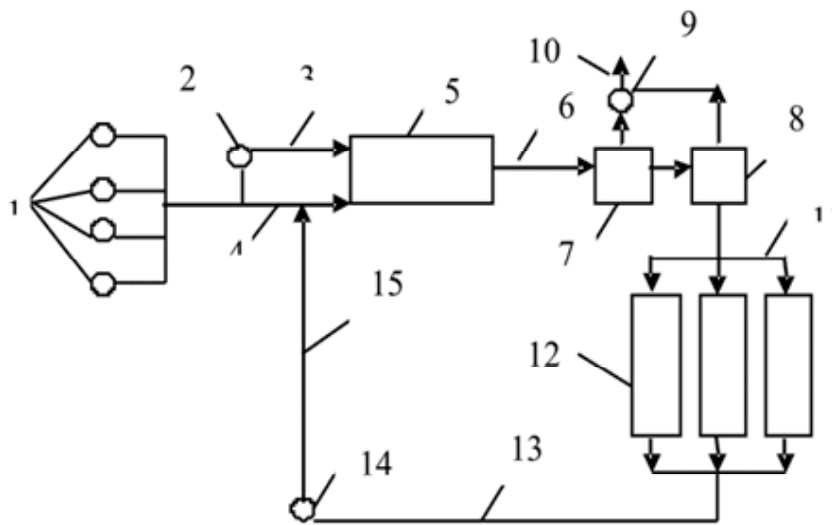
Очищені дренажні води скидаються по трубопроводу 18 убіоствок та повертаються у водозабірно-очисну споруду 3 для повторного використання на технічні потреби.

Система водного господарства при використанні підземних водзастосовується за відсутності поблизу поверхневих вод або недостатній їх потужності чи незадовільній якості води (рис 2).

Найчастіше вода забирається водозабірними свердловинами 1 і розділяється на два потоки: основна кількість води подається на технічні потреби підприємства 5 по напірному водоводу 4, а для питних



**Рис. 1.** Замкнена система водного господарства на підприємстві АПК при використанні поверхневих вод: 1 – ріка; 2 – фільтрувальний оголовок; 3 – водозабірно-очисна і насосна станція технічної води; 4 – подача технічної води; 5 – установка для доочищення технічної води; 6 – подача питної води; 7 – підприємство по переробці сільськогосподарської продукції; 8 – скидання стічних вод; 9 – споруди для механічної очистки стічних вод; 10 – мулова насосна станція; 11 – скидання осаду для заорювання; 12 – скидання стоків після відстійників; 13 – поля фільтрації; 14 – біофільтри; 15 – скидання очищених стоків на поля зрошення і поля фільтрації; 16 – поля зрошення; 17 – біоставки; 18 – скидання очищених стоків на повторне використання



**Рис. 2.** Замкнена система водокористування на підприємствах АПК при застосуванні підземних вод:

1 – водозабірні свердловини, 2 – станція підготовки питної води; 3 – подача питної води; 4 – подача технічної води; 5 – підприємство із переробки сільгосппродукції; 6 – скидання стічних вод; 7 – споруди механічної очистки стоків; 8 – біофільтри; 9 – мулова насосна станція; 10 – скидання осаду для заорювання; 11 – скидання очищених стоків на поля зрошення; 12 – поля зрошення; 13 – відведення очищених дренажних вод; 14 – насосна станція зворотної води; 15 – подача зворотної води для технічних потреб

потреб вихідну воду очищують на станції підготовки питної води 2 до нормативних вимог.

На станції водопідготовки 2 найчастіше здійснюють такі технологічні процеси: знезалізнення, деманганіацію, зм'якшення і знезараження води.

Для очищення стічних вод застосовують споруди механічної очистки стоків 7 і біофільтри 8. Стічні води скидають на ці споруди по трубопроводу 6, утворений осад перекачують муловою насосною станцією 9 по трубопроводу 10 на заорювання, а очищені стоки по трубах 11 скидаються на поля зрошення 12, звідки дренажні води відводяться по трубопроводу 13 до насосної станції зворотної води 14, яка по водоводу 15 подає цю воду на технічні потреби підприємства 5.

Така система водокористування на підприємствах АПК має певні переваги, а саме:

- значно зменшується забір свіжої вихідної води з природних водних джерел;
- зменшуються витрати на очистку вихідної води до нормативних показників якості питної води;
- не скидаються стічні води в природні водойми, а отже здійснюється захист довкілля від забруднень;
- використовуються поживні органічні речовини в стічних водах для удобрення сільгоспугідь і вирощування технічних культур.

В ІВПіМ НААН розроблено низку технологічних і конструктивних рішень для підготовки технічної і питної води в системах водопостачання сільського населення на підприємствах АПК [1-7]. Ці рішення доцільно застосовувати при створенні замкнених систем водокористування.

Зупинимось детальніше на спорудах для доочищення стічних вод від підприємств АПК, розташованих у сільській місцевості.

До складу природного біологічного очищення малих кількостей стічних вод відносять фільтруючі колодязі, поля підземної і наземної фільтрації, поля зрошення, біологічні ставки та інші [8-11].

**Доочищення стічних вод на полях фільтрації.** Поля фільтрації складаються з окремих ділянок (карт) з майже горизонтальною поверхневою площею 0,5-2 га, огорожених валами висотою 0,8-1 м. Ці ділянки застосовують для біологічного очищення стічних вод шляхом фільтрації їх через шари піску, супісків або легких суглинків.

При обробці тракторами площа однієї карти має бути не менше 1,5 га. Відношення ширини карти до довжини приймають від 1:2 до 1:4. Ширина однієї підземної канави приймається не менше 50 см, а глибина — 120 см. У канавах під шаром щебеню товщиною 40 см встановлюють фільтруючий шар із піску (10 см), в якому прокладають дренажні труби діаметром 100 мм. Шар щебеню накривають геотекстильним матеріалом, який захищає дренажну трубу від забруднення верхнім шаром землі. У дренажних трубах влаштовують систему отворів, що забезпечують рівномірний розподіл стоків і сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, що гарантує високу ефективність очистки стічних вод і довгий термін служби поля фільтрації.

Стічні води, очищені від домішок, жиру, яєць гельмінтів тощо, подаються в карту шаром 20-30 см (взимку наморожують до 75 см), просочуються через шар піску, надходять у дренажні труби і відводяться до водоприймального колодязя для повторного використання на технічні потреби. Тривалість відстоювання стічних вод перед надходженням їх на поля фільтрації слід приймати не менше 30 хв.

Допустиму норму добового навантаження ( $\text{м}^3/\text{га}\cdot\text{добу}$ ) слід приймати згідно [12], залежно від видів ґрунтів, середньорічної температури повітря, середньорічної кількості атмосферних опадів, а також глибини залягання ґрунтових вод (не менше 1,5 м).

Орієнтовно цю норму можна приймати ( $\text{м}^3/\text{га}\cdot\text{добу}$ ): для піску 70-125; супісків 50-100, суглинків 40-70.

Поля фільтрації розташовують нижче течії ґрунтових вод від водозабірних споруд на відстані, що дорівнює радіусу депресійної воронки, але не менше ніж 200 м для легких суглинків, 300 м — для супісків і 500 м — для пісків [8].

**Доочищення стічних вод на полях зрошення.** Переробка стічних вод з подальшим використанням їх для зрошення кормових і технічних культур рекомендується як альтернативних способів очищення цих вод з метою запобігання забрудненню довкілля [9,11,13].

Окрім прямого народногосподарського ефекту (підвищення врожайності та її стабільності), застосування стічних вод на полях зрошення має водоохоронний ефект, оскільки стічні води проходять природне доочищення шляхом їх фільтрування через товщу ґрунту.

Ефективність процесів доочищення стічних вод залежить від механічного складу та фільтруючих властивостей активного шару ґрунту (0-60 см), в якому затримується 50-90 % різноманітних органічних сполук, 10 – 50% важких металів та мікроелементів, знижується БСК<sub>5</sub> до 70 %, що запобігає проникненню шкідливих сполук у ґрунтові води [9,11]. Найкращі властивості в затриманні токсичних речовин мають супіщані та легкі суглинисті ґрунти.

Площі для зрошувальної системи з використанням стічних вод повинні мати загальний ухил до 0,01 і розташовуватись не ближче 750 м від населених пунктів і 100 м від магістральних доріг [9].

Найбільш прийнятним у санітарно-гігієнічному відношенні способом поливу стічними водами є внутрішньогрунтове зрошення. Зрошувальна та поливна норми, строки поливів повинні відповідати вологоємності та вологоутримуючій здатності ґрунту. Ґрунтові води повинні знаходитись на глибинах, що забезпечують вільну аерацію інфільтруючих стічних вод.

Для виключення зіткнення цих вод із ґрунтовими і підземними водами необхідно забезпечити відвід фільтраційних стічних вод дренажними системами для повторного їх використання в системах технічного водопостачання підприємств АПК.

Придатність стічних вод для зрошення визначається складом їх градієнтів, їх концентрацією і співвідношенням, генетичними особливостями ґрунту та біологічними характеристиками сільськогосподарських культур [9].

Внутрішньогрунтове зрошення стічними водами (ВГЗ) забезпечує подачу поливної води за системою трубок-зволожувачів, закладених на відповідній відстані одна від другої в ґрунтовий шар, яка безпосередньо надходить у кореневу зону рослин і під

дією всмоктуючої сили ґрунту рівномірно розподіляється, що дозволяє ефективно регулювати водноповітряний режим ґрунту, досягаючи при цьому високого ступеня доочистки стічних вод.

Для виготовлення зволожувачів можуть застосовуватись пластикові, азбестоцементні та керамічні труби.

Укладання поліетиленових цільностягнутих труб діаметром 25 мм проводиться безтраншейним способом на глибині 50-60 см. Відстань між зволожувачами приймається в середньому 1,2 м. Перфорацію труб виконують у вигляді щілин розмірами 50x1 мм, розташованих у нижній частині труби на відстані 45-60 см.

В азбестоцементних трубах роблять пропили шириною 10 мм, глибиною 1/3 діаметра в нижній частині труби через 100-150 мм, а керамічні труби укладають із зазором одна від одної 15-20 мм, а зверху зазор прикривають накладками з руберойду. Такі труби заглиблюють на 60-90 см від поверхні землі, при цьому на дні траншеї під трубою засипають гравій, щебінь або шлак розміром фракції 15-25 мм і товщиною шару 200 мм. Кінці зрошувальних труб з'єднують розподільчою трубою, на кінцях якої встановлюють вентиляційний стояк діаметром 100-120 мм з флюгаркою на кінці заввишки 0,5-0,7 над поверхнею землі (рис.3).

Оцінку якості стічних вод щодо можливості їх використання для зрошення слід виконувати за для попередження можливого засолення, підлужена або осолонцювання ґрунтів (табл. 2).

При використанні стічних вод слід здійснювати постійний контроль за дотриманням режимів зрошення, рівним ґрунтових вод і їх мінералізацією. Ступінь очищення стічних вод залежить від норми водоподачі і потужності фільтруючого шару ґрунту. При тривалому зрошенні самоочищувальна здатність ґрунту поступово зменшується. При погіршенні природних дренажних умов потрібно влаштовувати штучний дренаж для відведення очищених стічних вод та їх повторного використання для технічного водопостачання.

Використання стічних вод для зрошення дає можливість у 2-4 рази підвищити врожайність кормових і технічних культур.

**Доочищення стічних вод у біологічних ставках.** Біологічні ставки можуть застосовуватись як з природною, так і штучною аерацією (пневматичною або механічною). У ставках з природною аерацією кисень повітря надходить через відкриту поверхню води, а глибина ставка повинна бути не більше 1 м.

Штучна аерація в біостваках здійснюється подачею стисненого повітря через дірчасті труби або за допомогою механічних аераторів, у цьому випадку глибина ставка може бути збільшена до 3,5 м. У ставки з природною аерацією для глибокого очищення допускається направляти стічну воду після біологічного або фізико-хімічного очищення з БСК<sub>повн</sub> не більше 25 мг/дм<sup>3</sup>, а для ставків із штучною аерацією – не більше 50 мг/дм<sup>3</sup>.

Перед скиданням у біологічні ставки стічну воду потрібно відстоювати не менше 30 хв., а потім ви-

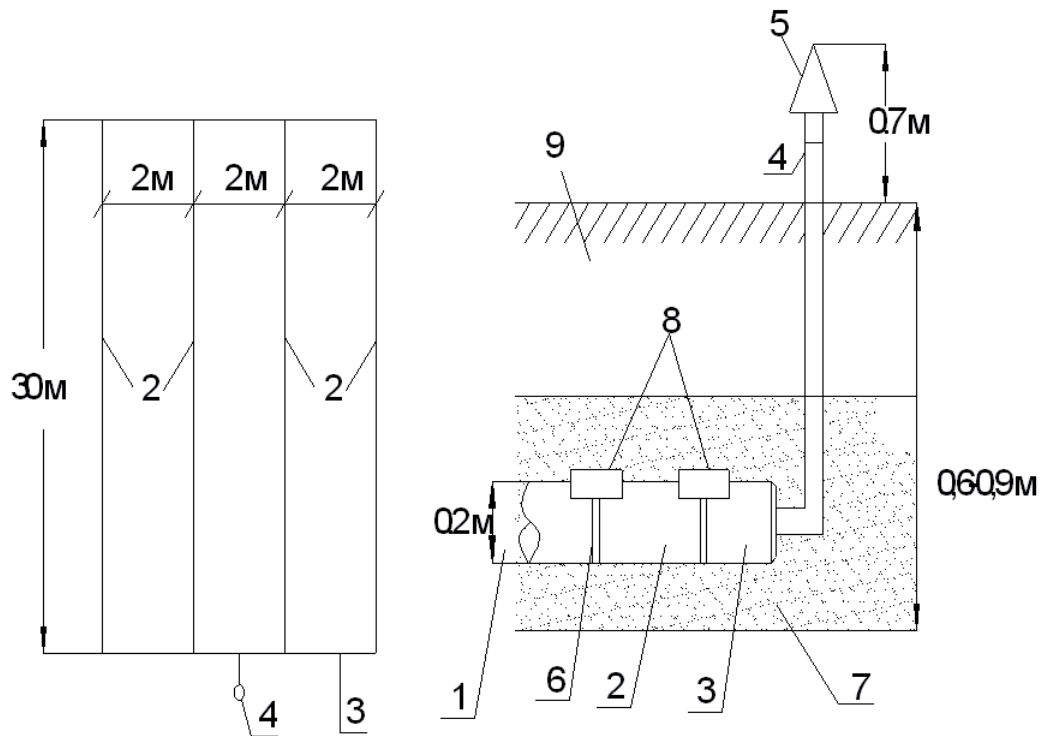


Рис. 3. Схема розміщення зволожувачів з керамічних труб для внутрішньогрунтового зрошення стічними водами:

1 – подача стічної води; 2 – зволожувачі з керамічних труб; 3 – розподільчі труби; 4 – вентиляційний стояк; 5 – флюгарка; 4 – зазор між трубами; 5 – гравійно-піщана подушка; 6 – накладка з руберойду; 7 – засипка ґрунту; 8 – накладки з руберойду; 9 – засипка ґрунту

## 2. Умови придатності стічних вод для зрошення [9]

Класи за загрозою засолення	Співвідношення катіонів $\frac{(Na^+ + K^+) \times 100}{\Sigma \text{ катіонів}}$ при pH 6,5-7,5 і $Ca^{2+} > Mg^{2+}$		
	I група	II група	III група
I	< 60	< 50	< 40
II	< 50	< 40	< 30
III	< 40	< 30	< 20

**Примітка:** I група – супіщані легкосуглинисті, суглинисті карбонатні ґрунти.

II група – суглинисті безкарбонатні, глинисті карбонатні ґрунти.

III група – суглинисті і глинисті безкарбонатні ґрунти.

пускати в ставки через решітки із зазорами не більше 16 мм [12].

Біологічні ставки споруджують не менше ніж з двох паралельних секцій з можливістю відключення будь-якої секції для очищення або ремонту.

Відношення довжини до ширини в ставках з природною аерацією повинно бути не менше 20.

Випуск очищеної рідини здійснюють через збірний пристрій, який розташовують нижче рівня води на 0,15-0,2 глибини ставка.

Для підвищення глибини очищення стічних вод до  $BCK_{\text{повн}} = 3 \text{ мг/дм}^3$  та зниження в них біогенних елементів (азоту і фосфору) слід застосовувати в ставках вищу водну рослинність (очерет, рогіз тощо), яку розміщують в останній секції ставка.

Площу такої рослинності визначають за навантаженням  $10000 \text{ м}^3/\text{добу}$  стічних вод на 1 га ставка при щільності насаджень 150-200 рослин на  $1 \text{ м}^2$  [9].

**Висновки.** Для економного витрачання матеріалів водних і енергетичних ресурсів при мінімізації забору свіжої води з природних водних джерел та забезпечення захисту довкілля від забруднення стічними водами на підприємствах АПК слід застосовувати замкнені системи водокористування, враховуючи що стічні води на них не токсичні та мають багато органічних речовин, а тому після їх очистки біологічними методами очищену воду доцільно використовувати для технічних потреб та зрошення, а утворений осад як добрива для підживлення сільгоспкультур.

Технологічні схеми замкнених систем водокористування залежать від виду природних водних джерел і ступеня їх забруднення після використання на підприємствах АПК. Вони включають споруди для очищення природних і стічних вод, подачі, відведення і повторного використання води.

Для підприємств АПК, розташованих переважно в сільській місцевості, доцільно застосовувати споруди природного біологічного очищення стічних вод (поля наземної і підземної фільтрації, поля зрошення, біологічні ставки тощо).

#### Бібліографія

1. Рекомендації з ефективних і ресурсозберігаючих технологій в системах питного водопостачання для сільського населення та підприємств АПК / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомуцька, Є. М. Мацелюк [та ін.] // ІВПіМ НААН.- 2013.-51с.
2. Хоружий П.Д. Розробка і дослідження споруд для підготовки технічної води в децентралізованих групових сільгосподарствах. / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко // Меліорація водне господарство. -2014.- вип. 101.- с.124-136.
3. Патенти України на корисну модель №94288. Береговий сифонно-фільтрувальний водозабір / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко, Т.П. Хомуцька . -2014.- Бюл. № 21.
4. Патенти України на корисну модель №94900. Плаваючий водозабірно-фільтрувальний агрегат / П.Д.Хоружий, О.В.Петроченко, Т.П.Хомуцька . -2014.- Бюл. № 22.
5. Патент на корисну модель №85009. Установка для знезалізнення і зм'якшення води, / С.Р. Стасюк, Т.П. Хомуцька, П.Д. Хоружий . -2013.- Бюл. № 21.
6. Патент на корисну модель №93934. Станція для біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод. / С.В. Кулаківський, П.Д. Хоружий. -2014.- Бюл. № 20.
7. Патент на корисну модель №102064. Споруда для забору і попереднього очищення малокаламутних поверхневих вод / П.Д. Хоружий, О.В. Петроченко, Т.П. Хомуцька , Д. І. Харланов. -2015.- Бюл. № 19.
8. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню і каналізації / П.Д. Хоружий, В.О. Орлов, О.А. Ткачук та ін.; За ред. П.Д. Хоружого. - К. : Урожай, 1992.-296с.
9. ВНД 33-3.3-01-98. Переробка міських стічних вод та використання їх для зрошення кормових та технічних культур: Держводгосп України. - К. : 1998-62с.
10. Использование сточных вод для орошения / Ю.Г. Бескровный, М. В. Козинец, В. И. и др.; под ред. Ю. Г. Бескровного. - К. : Урожай, 1989.-160с.
11. М.Н. Гіроль, А.М. Гіроль, А.М. Гіроль, Технології водовідведення промислових підприємств: Навчальний посібник. - Рівне; НУВГП, 2013.-625с.
12. ДБН В 2.5.75: 2013. Каналізація. Зовнішні мережі. Основні положення проектування. - К.:Мінрегіонбуд, 2013-210с.
13. ВНД 33-5.5-02-97. Якість природної води для зрошення: екологічні критерії: Держводгосп України. - К.: 1997-16с.
14. The European environment/ Stateand Outlook 2010. Synthesis. European Environment Agency, Copenhagen, 2010-222р.

**С. В. Кулаковський, С.Р. Стасюк, Д.О. Силіанок, П.Д. Хоружий, Д.В. Чарний**

#### Методологические основы создания замкнутых систем водопользования на предприятиях АПК

При решении проблем водообеспечения населения и всех отраслей экономики в условиях ограничения природных запасов пресной воды и их прогрессирующего загрязнения сточными водами все большее значение приобретают вопросы ресурсосбережения (рационального и экономного расходования воды, материалов и энергетических ресурсов). Это возможно осуществить путем интенсификации работы водопроводных сооружений, повышения их технической надежности и экономичности без нанесения вреда окружающей среде.

**S.V. Kulakivsky, S.R. Stasyuk, D.O. Silyanok, P.D. Horuzhy, D.V. Charny**

#### Methodological basis for creating closed systems water use agribusiness

Solving problems of water supply of the population and all sectors of the economy in conditions of limited natural fresh water reserves and their progressive sewage pollution are becoming increasingly important issues of resource (the rational and economical use of water, materials and energy resources). This may be achieved by intensifying the work of water supply facilities, improving their technical reliability and efficiency without harming the environment.

УДК 628.1

## АНАЛІЗ ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В СИСТЕМІ КАНАЛУ ДНІПРО-ДОНБАС

**В.І. РОЖКО,**  
**П.І. КОВАЛЬЧУК, док. техн. наук**  
 ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Проведено аналіз якості води каналу Дніпро-Донбас для питного водокористування за рівнями ГДК речовин. Проаналізовано значення середньорічних показників якості води за 2010-2014 рр. та зміну показників за результатами водообміну у Краснопавлівському водосховищі. Досліджено вплив стоку р. Орілька на погіршення якості води в каналі.*

**Ключові слова:** *питне водопостачання, якість питної води, графічний метод, водообмін, динаміка в часі і просторі*

**Постановка проблеми.** Канал Дніпро-Донбас має комплексне призначення: вода використовується на зрошення та для покращення екологічних умов р. Сіверський Донець. Але забезпечення населених пунктів, прилеглих до каналу, Донбасу та м. Харків якісною питною водою є однією з найважливіших проблем, від розв'язання якої залежить поліпшення умов діяльності і збереження здоров'я населення.

Близько 60 млн. м<sup>3</sup> води каналу Дніпро-Донбас використовується для питного водопостачання даного регіону і, зокрема м. Харків [1]. Одним з основних джерел постачання води, у тому числі й питної, є Краснопавлівське водосховище.

Тому обов'язковим є визначення складу та якості води, що подається в системі каналу для питного водокористування прилеглих населених пунктів. Для цього необхідно провести просторово-часовий аналіз якості води в системі каналу Дніпро-Донбас для питного водопостачання.

**Мета досліджень.** Проаналізувати динаміку якості питної води в системі каналу Дніпро-Донбас за період 2010-2014 рр. Дослідити вплив водообміну на якість води для питного водокористування в системі каналу Дніпро-Донбас та Краснопавлівському водосховищі.

**Методика досліджень.** Для оцінки якості води були використані показники даних моніторингу поверхневих вод Держводагентства України протягом

2010-2014 рр. за такими показниками: вміст головних аніонів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), загальна мінералізація (сухий залишок) води, величина водневого показника рН, вміст біогенних речовин ( $\text{NH}_4^{-1}$ ,  $\text{NO}_3^{-1}$ ,  $\text{NO}_2^{-1}$ ), вміст фосфатів, кольоровість води, вміст розчиненого кисню, перманганатна окиснюваність (ПО), біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК<sub>5</sub>), вміст важких металів (Fe, Mn, Cu), вміст нафтопродуктів, вміст радіоактивних елементів ( $\text{Sr}^{90}$ ,  $\text{Cs}^{137}$ ) [4, 5]. Проби води для гідрохімічного аналізу відбирали в пунктах спостережень, наведених на рис. 1.

В основу методики покладено графічний метод досліджень, що дозволяє оцінити зміну якості води в системі каналу Дніпро-Донбас у часі і просторі [2, 3].

**Аналіз середньорічних значень показників якості води за рівнем ГДК речовини.** Дослідження якості води проводили за органолептичними, фізико-хімічними, токсикологічними показниками. При цьому здійснювався аналіз середньорічних значень показників в системі каналу, оцінювалася ефективність проведення водообміну та розбавлення води в Краснопавлівському водосховищі.

**Органолептичні показники.** Аналіз води за органолептичними показниками виявив, що за величиною запаху перевищень нормативу, відповідно до [4], у всіх пунктах спостережень у системі каналу не відмічалася. Спостерігалася перевищення гранично



Рис. 1 Карта-схема пунктів спостережень у каналі Дніпро-Донбас та Дніпродзержинському водосховищі



допустимої концентрації (ГДК) завислих речовин (каламутності) у 87,4% проб; по кольоровості перевищення нормативу – у 97,3% проб.

**Фізико-хімічні показники.** За величиною **водневого показника рН** визначається реакція водного середовища. За цим показником вода у каналі Дніпро-Донбас відноситься до нейтральної або слаболужної. Значення величини рН, відповідно до [4], виходили за межі нормативу, лише у 1,2% проб води.

Перевищення нормативу величини **загальної мінералізації** для води водних об'єктів питного водопостачання відмічалось у 32,6% проб води, у пункті

спостереження на р. Орілька, в 1,5 км від гирла – у 1,2-5,5 рази у всіх пробах (рис.2).

Середньорічні значення **загальної жорсткості** води за період 2010-2014 рр. у каналі Дніпро-Донбас мають тенденцію до збільшення залежно від віддаленості пункту спостереження від Головної водозабірної споруди і змінюються від 3,3 мг-екв./дм<sup>3</sup> (с. Шульгівка) до 16,3 мг-екв./дм<sup>3</sup> (с. Грушеваха). Значення величини загальної жорсткості перевищувало норматив для води водного об'єкта питного водопостачання у 43,9 % проб води (рис.2).

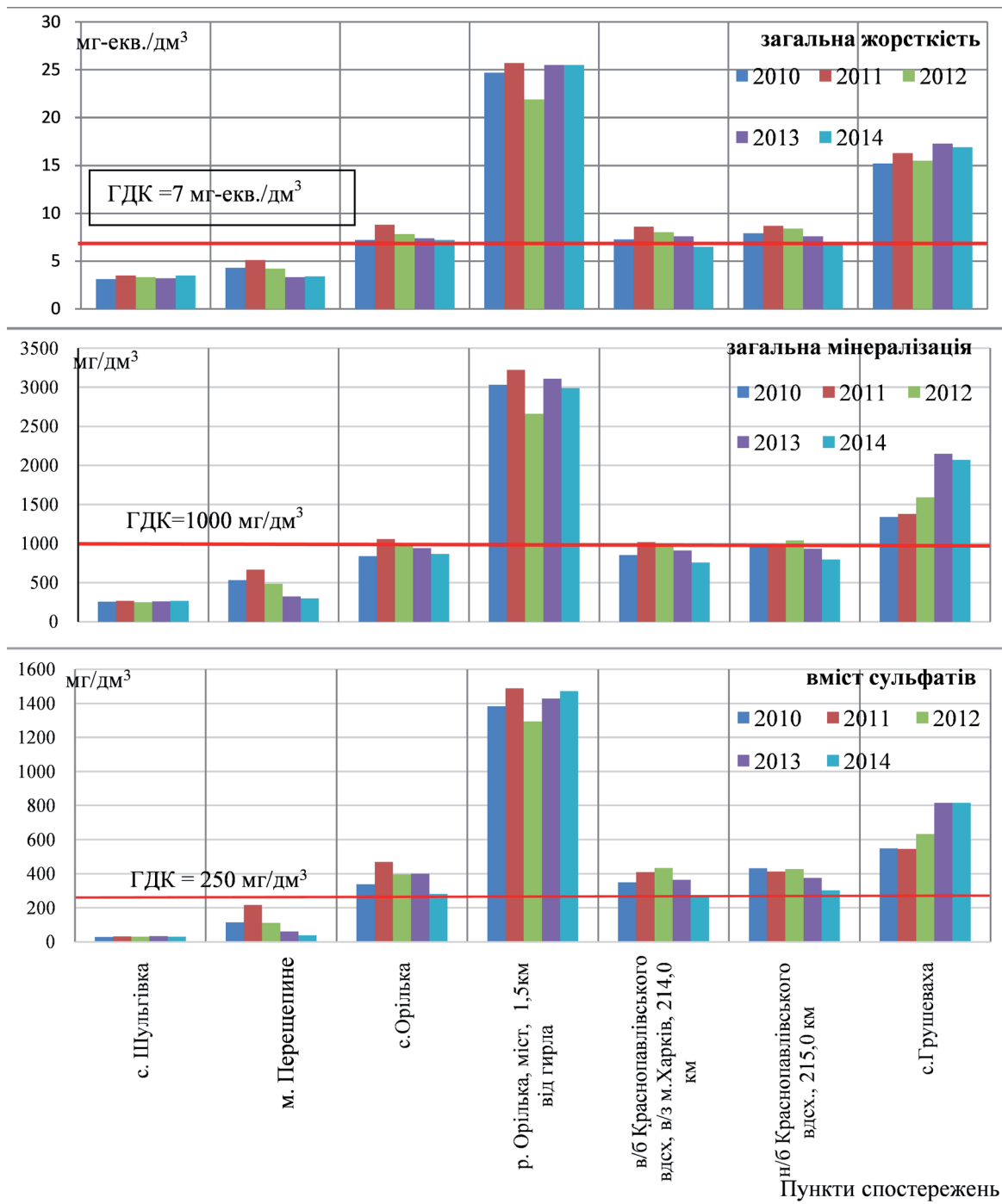


Рис. 2 Середньорічні значення фізико-хімічних показників за рівнем ГДК для питних потреб у системі каналу Дніпро-Донбас за 2010-2014рр.

Середньорічні значення **вмісту сульфатів** за період 2010-2014 рр. змінювалися від 32,6 мг/дм<sup>3</sup> (с.Шульгівка) до 1432 мг/дм<sup>3</sup> (р. Орілька, 1,5 км від гирла). Перевищення ГДК сульфатів для джерел питного водопостачання зафіксовано у 52,7% проб води (рис.2).

Середньорічні значення **вмісту хлоридів** у пунктах спостережень у системі каналу Дніпро-Донбас за період 2010-2014 рр. коливалися в межах від 17,9 мг/дм<sup>3</sup> (с. Шульгівка) до 192,2 (р. Орілька, 1,5 км від гирла) і перевищували ГДК хлоридів у 6 із 488 проб води (1,22%).

Характеристики вмісту **нітратів, нітритів та амонійних сполук** у жодній з проб не перевищили ГДК даних речовин для води джерел питного водопостачання.

Перевищення рівня ГДК **перманганатної окиснюваності (KMnO<sub>4</sub>)** для води водних об'єктів питного водопостачання у всіх пробах не зафіксовано.

Вимірювання вмісту **нафтопродуктів** у воді в каналі Дніпро-Донбас проводили лише у с. Грушеваха, де їх концентрація за весь період спостережень дорівнювала нулю.

*Токсикологічні показники.* Перевищення вмісту ГДК важких металів у питній воді призводить до різкого погіршення здоров'я людини.

Після проведеного аналізу гідрохімічних показників якості води встановлено, що вміст таких металів як мідь змінювався в межах 0,001 – 0,003 мг/дм<sup>3</sup>, марганець – в межах 0 – 0,13 мг/дм<sup>3</sup> і залізо – в межах 0 – 0,30 мг/дм<sup>3</sup>, тобто ці метали знаходилися у воді в низьких концентраціях. Перевищень рівнів ГДК міді і заліза не спостерігалось. Вміст марганцю перевищив рівень ГДК у воді каналу в 1,1-1,3 рази лише у 3 пробах із 488.

Проведено аналіз вмісту **радіоактивних елементів** (Sr<sup>90</sup>, Cs<sup>137</sup>), який не показав перевищень рівня ГДК у воді каналу.

**Аналіз якості води за результатами водообміну.** За період 2010-2014 рр. тричі було проведено водообмін в Краснопавлівському водосховищі: вперше – з 27.05-13.07.2010 (забір із Дніпродзержинського водосховища становив 124,9 млн.м<sup>3</sup>), вдруге – з 01.07-24.08.2012 (156,7 млн.м<sup>3</sup>), утретє – з 08.11-19.12.2013 (155,8 млн.м<sup>3</sup>).

Вплив водообміну у Краснопавлівському водосховищі було проаналізовано за показниками якості води, які найчастіше перевищували нормативи [4] за досліджуваний період, а саме, більше ніж у 30% проб: величина загальної мінералізації і загальної жорсткості, вміст сульфатів. Для цього було обрано часовий проміжок, який складався з двох місяців до, під час та після проведення першого водообміну.

Аналіз динаміки значення величини загальної мінералізації води з травня до жовтня 2012 р. показав, що в період проведення водообміну у Краснопавлівському водосховищі у липні-серпні з Дніпродзержинського водосховища здійснювався забір води, загальна мінералізація якої коливалася в межах 220-230 мг/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість – 2,9-3,0 мг-екв./дм<sup>3</sup>, вміст сульфатів – 25,0-43,0 мг/дм<sup>3</sup>. За даними показниками перевищень нормативів та

рівнів ГДК речовин у воді для джерел питного водопостачання не зафіксовано[4].

Під час проведення водообміну у Краснопавлівському водосховищі в усіх пунктах спостережень відмічалось зниження значення загальної мінералізації у 1,5 – 5,6 рази. Зміни значень загальної мінералізації, загальної жорсткості та вмісту сульфатів у с. Шульгівка не відбулося, тому що до початку промивки вони дорівнювали значенням води з Дніпродзержинського водосховища У с. Грушеваха у серпні значення загальної мінералізації збільшилося у 1,3 рази, що пов'язано з надходженням об'ємів води з підвищеною мінералізацією з Краснопавлівського водосховища (рис.3).

Під час проведення водообміну у Краснопавлівському водосховищі в усіх пунктах спостережень синхронно зі зниженням значення загальної мінералізації відмічалось зниження загальної жорсткості і вмісту сульфатів.

Відмічалось зниження значення загальної жорсткості у пунктах спостережень у 1,1 – 3,0 рази (рис.3).

Зниження вмісту сульфатів у воді каналу Дніпро-Донбас під час проведення водообміну у Краснопавлівському водосховищі відмічалось у 1,2 – 17 разів. У с. Грушеваха у серпні вміст сульфатів збільшився у 1,3 рази, що пов'язано з надходженням об'ємів води з підвищеним вмістом сульфатів із Краснопавлівського водосховища (рис.3).

**Висновки.** Аналіз середньорічних значень якості води, яка подавалася з Дніпродзержинського водосховища у канал Дніпро-Донбас, показав, що за органолептичними, фізико-хімічними та токсикологічними показниками перевищень нормативів та рівнів ГДК речовин у воді, як джерела питного водопостачання, не відмічалось.

Якість води погіршувалася залежно від віддаленості пункту спостереження від Головного водозбору каналу. Але різке її погіршення, за різними показниками у 1,5-10 разів, відмічалось в районі Орільського водосховища, у якому дніпровська вода змішувалася з водою р. Орілька.

Проведення промивки Краснопавлівського водосховища суттєво покращувало якість води у каналі Дніпро-Донбас на ділянці від с. Шульгівка до впадіння р. Орілька (Орільського водосховища). У районі водозбору м. Перещепине значення загальної мінералізації та жорсткості, вміст сульфатів під час та після проведення водообміну знизилися вдвічі. Поблизу с. Орілька зниження величин проаналізованих показників становило: загальна мінералізація – з 1675 (червень, 2012) до 404 мг/дм<sup>3</sup> (липень, 2012) у 4 рази, загальна жорсткість – з 12,0 до 3,90 мг-екв./дм<sup>3</sup> у 3 рази, вміст сульфатів – з 712 до 76,1 мг/дм<sup>3</sup> у 9,4 рази.

Водообмін у каналі в липні – серпні 2012 р. покращував якість води на ділянці Краснопавлівське водосховище – с. Грушеваха, лише починаючи з другого місяця його проведення, але мінімальне значення проаналізованих величин відмічалось у вересні.

Зниження значень величин проаналізованих показників у Краснопавлівському водосховищі під

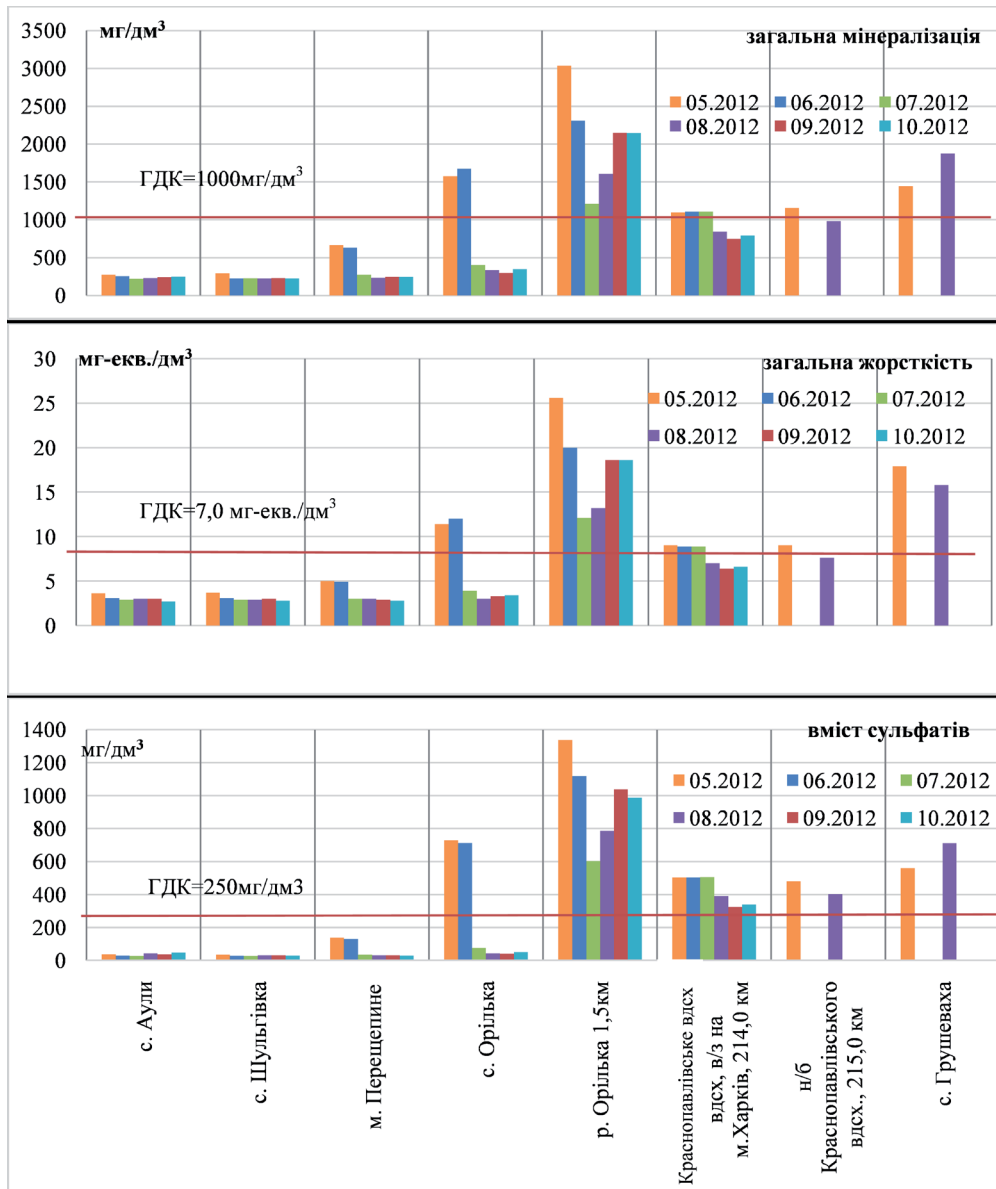


Рис. 3 Динаміка якості води з травня до жовтня 2012 р. від Дніпродзержинського водосховища в системі каналу Дніпро-Донбас

час проведення водообміну становило: загальна мінералізація – з 1110 (липень, 2012) до 748 мг/дм<sup>3</sup> (вересень, 2012) – у 1,5 рази, загальна жорсткість – з 8,9 до 6,4 мг-екв./дм<sup>3</sup> – у 1,4 рази, вміст сульфатів – з 506 до 324 мг/дм<sup>3</sup> – у 1,6 разів.

Оскільки значний негативний вплив на якість води для питного водопостачання створює р. Орілька, що впадає в канал Дніпро-Донбас, необхідним є відведення і накопичення води цієї річки в окремому водосховищі.

**Бібліографія**

1. Постанова КМУ від 26 вересня 2007 р. № 1168 «Про забезпечення функціонування систем водопостачання м.Харків та інших населених пунктів Харківської області»
2. Ковальчук П. І. Системна екологічна оцінка якості води середніх і великих річок / П. І. Ковальчук, А. В. Герус, Р. Ю. Коваленко. // Меліорація і водне господарство. – 2013. – №100. – С. 170–184.
3. Keller I. Instruments of the integrated pollutant / Sediment management in the Elbe catchment area / I. Keller; R. Schwartz// International Conference RIVER BASINS 2015. Monitoring, Modeling & Management of Pollutants. June 24<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> 2015. Germany, Karlsruhe – 2015.P.67-73
4. Державні санітарні норми та правила охорони поверхневих вод від забруднення (ДСанПіН 4630-88).
5. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.К.: Держспоживстандарт України, 2007.

**В.І. Рожко, П.І. Ковальчук****Анализ качества воды для питьевого водоснабжения в системе канала Днепр-Донбас**

*Проведен анализ качества воды для питьевых потребностей в системе канала Днепр-Донбас по допустимым нормативам и уровням ГДК химических веществ. Проанализированы значения среднегодовых показателей качества воды за 2010-2014 гг. и изменения показателей в результате водообмена в Краснопавловском водохранилище. Исследовано влияние стока р. Орилька на ухудшение качества воды в канале.*

**V.I. Rozhko, P.I. Kovalchuk****The analysis of water quality for drinking purposes in Dnipro-Donbas canal system**

*The analysis of water quality was made for drinking purposes Dnipro-Donbas system canal by level of maximum permissible concentration of substances.*

*The value of annual average water quality parameters and change the results of reservoir water exchange in Krasnopavlivske analyzed for 2010-2014.*

УДК 628.1

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБОРУ І ОЧИЩЕННЯ ВОДИ З ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ГРУПОВИХ СІЛЬГОСПВОДОПРОВОДАХ

Д.І. ХАРЛАНОВ,  
П.Д. ХОРУЖИЙ, док. техн. наук  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Проаналізовано ефективність роботи водоочисних споруд для традиційних технологій підготовки питної води з поверхневих водних об'єктів і запропоновано спосіб удосконалення цих технологій шляхом застосування водозабірно-очисних споруд і фільтрів з плаваючим фільтрувальним завантаженням та повторного використання осадів після промивки фільтрів.*

**Ключові слова:** поверхневі водні об'єкти, технологія водопідготовки, водозабірні-очисні споруди, плаваюче фільтрувальне завантаження

**Сучасні проблеми групових сільгоспводопроводів.** Нині групові сільськогосподарські водопроводи базуються переважно на використанні поверхневих водних об'єктів (річка, озеро, водосховища).

Головні споруди такого водопроводу розраховують на сумарну витрату води всіма її споживачами. До їх складу входять такі основні споруди: водозабір, насосна і водоочисна станції, резервуари чистої води (рис 1).

Вода з поверхневої водойми надходить у водоприймальний оголовок 1, звідки по самопливних водопроводах 2 у береговий сітчастий колодязь 3, з якого забирається насосами I-го підйому 4 і подається на водоочисну станцію 5 для очищення та знезараження. Чиста вода надходить у підземні резервуари (РЧВ) 8, з яких насосами II-го підйому 9 по напірному водопроводу 10 подається у розвідну водопровідну мережу споживачів.

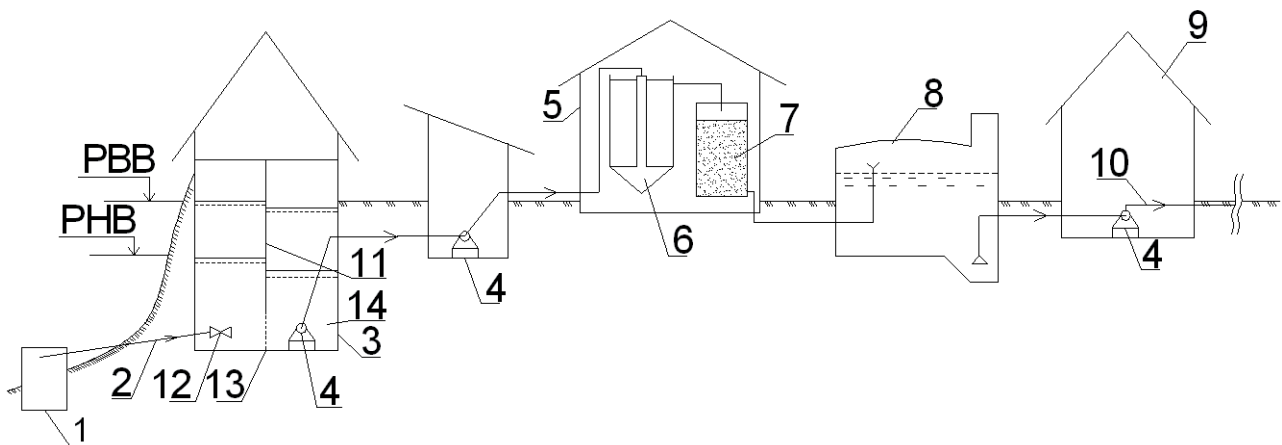
Аналіз наведеної технології забору і очищення води з поверхневих водойм виявив такі її недоліки:

у водоприймальному оголовку 1 практично не затримується бруд і наноси, які транспортуються у береговий сітчастий колодязь 3, котрий поділяють поперечною перегородкою 11 на водоприймальну 12 і всмоктувальну 14 камери, що збільшує розміри колодязя, а отже і його будівельну вартість;

крупні наноси випадають у самопливних трубах 2 і у водоприймальній камері 12, а також затримуються в сітках 13, якими перекриті вікна в перегородці 11, що значно ускладнює експлуатацію водозабору та вимагає витрат води і електроенергії на промивку труб і сіток, а також видалення осаду з водоприймальної камери берегового колодязя;

завислі речовини, що знаходяться в поверхневих водах та пройшли через сітки 13 у всмоктувальну камеру 14 берегового колодязя, подаються з водою на водоочисну станцію 5, де застосовують реагенти для їх затримання у відстійниках 6 та фільтрах 7, що призводить до утворення осаду, при скиданні якого відбувається повторне забруднення доквілля.

**Аналіз досліджень традиційних водоочисних технологій на групових сільгоспводопроводах.** На групових сільгоспводопроводах для очищення поверхневих вод нині застосовують традиційні технології, запозичені із міських систем водопостачання [1]. Ці технології базуються на застосуванні коагулювання води сірчаноокислим алюмінієм  $Al_2(SO_4)_3 - 18 H_2O$  з подальшим її відстоюванням або проясненням у шарах завислого осаду, швидким фільтруванням чи контактним проясненням та знезараженням хлором. За наявності у воді водоростей у кількості понад 1000 кл/мл



**Рис 1.** Схема головних споруд групового сільськогосподарського водопроводу:

1 – оголовок; 2 – самопливні труби; 3 – береговий колодязь; 4 – насосна станція I-го підйому; 5 – водоочисна станція; 6 – вертикальний відстійник із камерою утворення пластівців; 8 – резервуар чистої води (РЧВ); 9 – насосна станція II-го підйому; 10 – напірний водопровід до споживачів; 11 – поперечна перегородка; 12 – водоприймальна камера; 13 – сітка; 14 – всмоктувальна камера

застосовують мікрофільтрування, а для підтримання водопровідних споруд у належному стані та для часткового знебарвлення води, що вміщує гумусові сполуки, здійснюють попереднє хлорування води (рис. 2).

Аналіз наведеної технологічної схеми очищення поверхневих вод для підготовки питної води на групових сільгоспводопроводах виявив такі недоліки:

- невелика ефективність очищення води в горизонтальному відстійнику 10, оскільки вихідна вода забирається переважно із зарегульованих поверхневих водойм (водосховищ, каналів тощо), у яких каламутність не перевищує 15-20 мг/дм<sup>3</sup>. Оскільки ці споруди є природними відстійниками, то з економічних міркувань застосовувати дорогі залізобетонні відстійники не потрібно, адже в них після реагентної обробки води в камері утворення пластівців 9 ефективність знебарвлення не перевищує 10-12% [1];

- унаслідок відключення з роботи мікрофільтрів 2 через велике споживання електроенергії на їх обслуговування та застосування попереднього хлорування води шляхом подачі хлору по трубопроводу 7 у контактну камеру 3 для окиснення органічних речовин утворюються хлорорганічні сполуки (переважно чотирихлоровий вуглець і хлороформ, які характеризуються канцерогенністю і мутагенністю, що перевищують ГДК і є дуже шкідливими для здоров'я людей);

- застосування швидких фільтрів з важким завантаженням 11 пов'язано з необхідністю встановлення дренажних систем великого опору, великими енерговитратами на промивання фільтрів та необхідністю застосування ємкостей для зберігання запасів промивної води і спеціальних насосів для її подачі;

- швидкі фільтри мають малу ефективність використання фільтрувального завантаження (не більше

15%), невелику швидкість фільтрування (3-7 м/год), невелику тривалість фільтроциклу (до 20 год) і питому брудомісткість (до 0,4 кг/м<sup>2</sup>);

- потрібні значні витрати чистої водопровідної води на промивку фільтрів (до 7%) та великі витрати напору на фільтри в кінці фільтроциклу (до 3 м).

Розглянута технологія очищення поверхневих вод на групових сільськогосподарських водопроводах є дуже дорогою, неефективною, не гарантує якісного очищення води, а отже недоцільна.

**Методи поліпшення технології водопідготовки з поверхневих водних джерел.** Для розробки удосконаленої технології водопідготовки з поверхневих водних об'єктів пропонуються такі науково-методологічні засади:

- застосування водозабірно-очисних споруд з висхідним фільтруванням води через плаваюче фільтрувальне завантаження;

- окиснення органічних речовин у вихідній воді аеробними мікроорганізмами у біофільтрах з прикріпленими гідробіонтами;

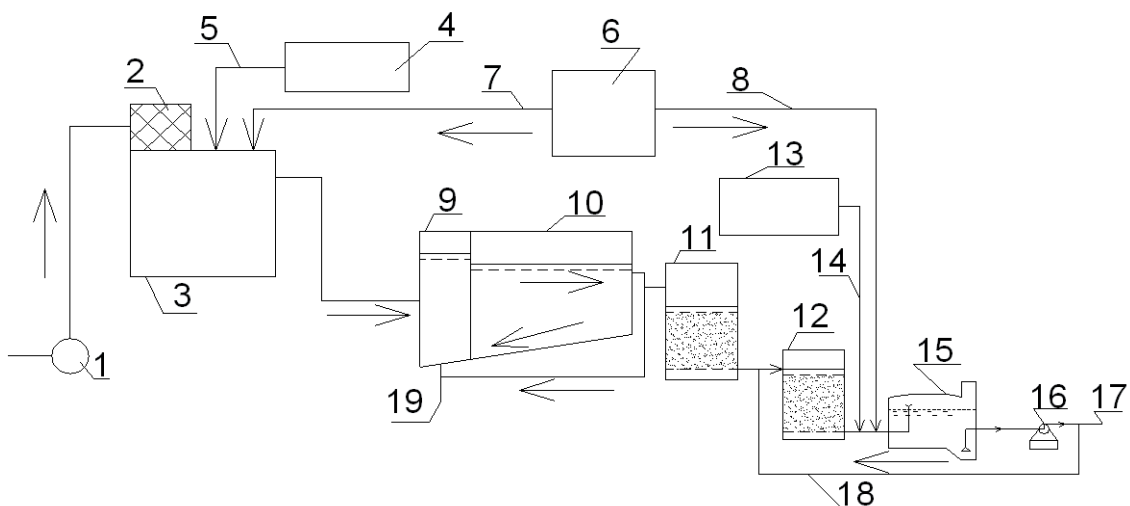
- використання сил гравітації і явища стисненого осідання завислих речовин у підфільтровому просторі фільтрів з плаваючим завантаженням при висхідному русі води;

- забезпечення роботи фільтрів в межах оптимальної їх питомої брудомісткості для мінімізації витрат хімічних реагентів при обробці питної води;

- використання осадів після промивки фільтрів для покращення роботи водозабірно-очисної споруди;

- застосування замість рідкого хлору технічного гіпохлориту натрію при знезараженні питної води.

Для реалізації цих ідей запропонована технологічна схема забору і очищення поверхневих вод (рис 3).



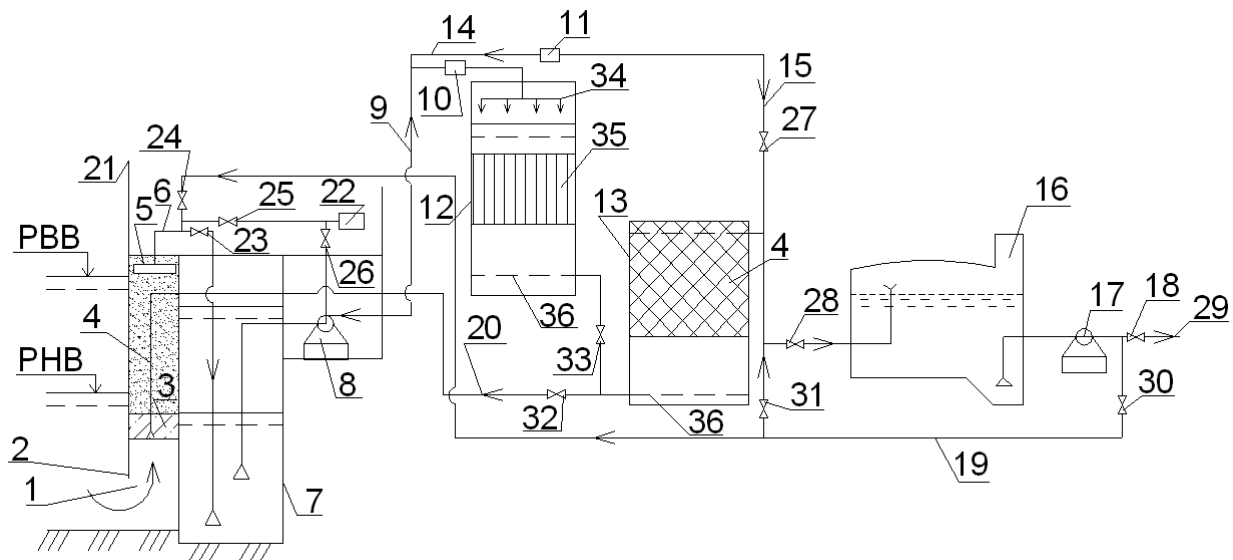
**Рис 2. Типова технологічна схема очищення поверхневих вод на групових сільгоспводопроводах з горизонтальними відстійниками і швидкими піщаними фільтрами:**

1 – насосна станція для подачі вихідної води; 2 – мікрофільтр; 3 – контактна камера; 4 – реагентний цех; 5 – подача розчину реагентів; 6 – хлораторна; 7 – подача хлору для попереднього хлорування води; 8 – подача хлору для знезараження води; 9 – камера утворення пластівців; 10 – горизонтальний відстійник; 11 – швидкий піщаний фільтр; 12 – сорбційний фільтр; 13 – амонізаторна; 14 – подача аміаку; 15 – резервуар чистої води (РЧВ); 16 – насосна станція; 17 – подача води споживачам; 18 – подача води на промивку фільтрів; 19 – скидання промивної води

Система водопостачання працює так. Вихідна вода з поверхневої водойми заходить у водозабірно-очисну споруду через водоприймальне вікно 1 і рухається у фільтрувальній камері 2 знизу догори через наливний фільтр з активного мулу 3 та плаваюче фільтрувальне завантаження 4, збирається ковпачковим дренажем 5 і відводиться сифонним трубопроводом 6 у водоприймально-всмоктувальну камеру 7, з якої насосом 8 подається по трубопроводу 9 у змішувач 10, де перемішується з реагентом, що подається з реагентного цеху 11 для коагуляції води. Основними спорудами водоочисної станції є біофільтр 12 і напірний контактено-прояснювальний фільтр 13, де відбуваються біологічні і фізико-хімічні процеси очищення води від органічних і мінеральних домішок. Принцип роботи цих споруд детально описано [в 2]. Очищена вода відводиться в резервуар чистої води 16. Для її знезараження подається розчин гіпохлориту натрію по трубопроводу 15. У насосній станції 17 розміщуються насоси для подачі води споживачам по трубопроводу 19, для промивки контактено-прояснювальних фільтрів (КПФ), а також при необхідності для промивки ковпачкового дренажу 5. У службовому приміщенні берегового водозабору 21 встановлюється вакуумний насос 22 для пуску в роботу сифона 6 і відцентрового насоса 8. Очищення води відбувається при її послідовному русі по спорудах: фільтрувальна камера берегового водозабору 2 – біофільтр 12 – контактено-прояснювальний фільтр 13. За даною технологією попереднє хлорування води не здійснюється, а очищення органічних речовин, присутніх у воді, відбувається аеробними мікроорганізмами, що закріплюються на нерухомих носіях – завантаженні

біофільтра 35. Для цього вода попередньо насичується киснем повітря при її розбризкуванні аератором 34. Основні технологічні процеси очищення води відбуваються в підфільтровому просторі КПФ, де після реагентної обробки води спостерігаються явища укрупнення колоїдних частинок, їх стиснене осідання та утворення з дрібних частинок наливного фільтра на нижній поверхні плаваючого фільтрувального завантаження 4. Ефективність очищення води при даній швидкості її вихідного фільтрування на КПФ залежить від узагальненого показника питомої брудомісткості фільтра  $G$  – кількості забруднень (активного мулу), що знаходиться у підфільтровому просторі КПФ і припадає на  $1 \text{ м}^2$ . Для конкретного фільтра і прийнятої швидкості фільтрування води  $V_{\phi}$  розрізняють два значення питомої брудомісткості:  $G_{\min}$  – мінімальна, при якій забезпечується нормативна якість прояснення або знебарвлення води і  $G_{\max}$  – максимальна, при якій фільтр потрібно виключити на промивку, під час якої закривають засувки 27, 29 і 33 та відкривають засувки 31 і 32, унаслідок чого частина забруднень  $G_{\text{пр}} = G_{\max} - G_{\min}$  відводиться по трубопроводу 20 у підфільтровий простір фільтрувальної камери 2 для утворення наливного фільтра 3, який сприяє попередньому очищенню вихідної води безпосередньо при її надходженні з поверхневої водойми.

Оптимальні конструктивні і технологічні параметри КПФ: крупність гранул і товщина шару плаваючого фільтрувального завантаження  $d_{\phi}$  та  $H_{\phi}$ , швидкість фільтрування  $V_{\phi}$  та значення мінімальної  $G_{\min}$  і максимальної  $G_{\max}$  питомих брудомісткостей фільтра визначаються техніко-економічними розрахунками.



**Рис 3. Технологічна схема забору і очищення поверхневих вод на групових сільгоспводопроводах:**

1 – водоприймальне вікно; 2 – фільтрувальна камера; 3 – промивний фільтр; 4 – плаваюче фільтрувальне завантаження; 5 – ковпачків дренаж; 6 – сифонний трубопровід; 7 – водоприймально-всмоктувальна камера; 8 – насос; 9 – подача вихідної води на водоочисну станцію; 10 – змішувач; 11 – реагентний цех; 12 – біофільтр; 13 – контактний прояснювальний фільтр; 14 – подача реагентів у змішувач; 15 – подача розчину гіпохлориту натрію для знезараження; 16 – резервуар чистої води; 17 – насос; 18 – подача води споживачам; 19 – подача промивної води; 20 – відведення осаду; 21 – службове приміщення; 22 – вакуум-насос; 23-33 – засувки; 34 – аератор; 35 – завантаження біофільтра; 36 – дренажна система

**Результати досліджень.** Така технологія забезпечує високу якість очищення поверхневих вод на групових сільгоспводопроводах при зменшенні капітальних і експлуатаційних витрат завдяки застосуванню споруди для забору і попереднього очищення малокаламутних поверхневих вод [3] та інтенсифікації процесів очищення води на станції з біореакторами і контактними прояснювальними фільтрами [2].

**Висновки.** Аналіз технологій забору і очищення води з поверхневих водних об'єктів на групових сільгоспводопроводах показав, що вони дорогі, неефективні і не забезпечують підготовки якісної питної води. Для їх удосконалення запропонована нова технологія, основними особливостями якої є затримання значної частини забруднень безпосередньо у поверхневій водоймі окиснення органічних речовин аеробними мікроорганізмами та прояснення і знебарвлення води у підфільтровому просторі КПФ.

#### Бібліографія

1. Хоружий П.Д. *Ресурсозберігаючі технології водопостачання*/ П.Д.Хоружий, Т.П.Хомутецька, В.П.Хоружий. – К.: Аграрна наука – 2008. – 534с.
2. Харланов Д.І. *Підготовка питної води з поверхневих джерел із використанням біореакторів і контактано-прояснювальних фільтрів* / Д.І. Харланов, П.Д. Хоружий // *Меліорація і водне господарство* – 2015 - Вип.102.-с.30-33.
3. Патент України на корисну модель №102064. Споруда для забору і попереднього очищення малокаламутних поверхневих вод/ П.Д. Хоружий, Д.І. Харланов, О.В. Петроченко, Т.П. Хомутецька, – 2015 – Бюл. №19

**Д.И. Харланов, П.Д. Хоружий**

#### Совершенствование технологии сбора и очистки воды с поверхностных водных объектов на групповых сельхозводопроводах

*Проанализирована эффективность работы водоочистных сооружений для традиционных технологий подготовки питьевой воды с поверхностных источников и предложен способ усовершенствования этих технологий путем применения водозаборно-очистных сооружений и фильтров с плавающей фильтрующей загрузкой и повторного использования осадка после промывки фильтров.*

**D.I. Harlanov, P.D. Horuzhy**

#### Improving the technology for collecting and treating water from surface water bodies in group agricultural pipelines

*Analyzed the efficiency of wastewater treatment plants for the traditional technologies of drinking water from surface sources and provides a method for improving these technologies through the use of water-intake –treatment structures and filters with floating filter loading and re-use sediment filter after washing.*



УДК 631.11

## СУЧАСНЕ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ГУМІДНОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Л.В. ДАЦЬКО, канд. с.-г. наук  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

*У статті за даними статистичної звітності проаналізовані особливості сільськогосподарського виробництва на землях гумідної зони України. Встановлено, що за останні 25 років площа сільськогосподарських угідь у цій зоні зменшилася на 1,9, а ріллі – 1,2 млн га, при цьому рівень розорюваності земель сільськогосподарського призначення становить 71 %. У 2014 р. у структурі посівних площ більшість ріллі (51 %) була відведена під зернові і зернобобові культури, 25 % – під технічні, 13 % – кормові культури і 11 % – картоплю і овоче-бажанні культури. При цьому порівняно з 1990 р. площі соняшнику в гумідній зоні зросли у 24 рази, кукурудзи на зерно – 6, ріпака – 4 рази. Натомість зменшилися площі під пшеницею, плодами і ягодами, льоном-довгунцем, кормовими культурами тощо. За останні 25 років відмічено збільшення врожайності практично всіх сільськогосподарських культур, що пов'язано з впровадженням більш продуктивних сортів і гібридів та зміною клімату. Також за цей період кількість ВРХ у гумідній зоні зменшилася у 5,5 разів, внесення мінеральних добрив – 4,5 рази, а внесення органічних добрив – у 13 разів.*

**Ключові слова:** гумідна зона, врожайність сільськогосподарських культур, мінеральні та органічні добрива, сільськогосподарські угіддя, тваринництво

**Постановка проблеми.** Використання земельних ресурсів з метою створення сталого агроландшафту з відтворенням родючості ґрунтів, здатного забезпечити отримання конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції, набуває в сучасних умовах великого значення.

Проблеми об'єктивної оцінки і раціонального використання агресурсного потенціалу окремих регіонів України нині набувають особливої актуальності. У цьому напрямку Інститутом водних проблем і меліорації на основі даних довготривалих стаціонарних дослідів вже проведено комплекс досліджень в умовах гумідної зони України [1, 8].

Досягнення високого рівня врожайності і якості продукції культур та підвищення стійкості посівів до несприятливих агрометеорологічних факторів безпосередньо залежить від низки чинників. На відміну від високородючих чорноземів, перезволожені ґрунти гумідної зони є більш «реактивними», тобто під впливом систематичного застосування добрив вони швидко змінюють показники родючості, що відповідно впливає на врожайність вирощуваних культур. У результаті добре окультурені ґрунти гумідної зони в умовах стабільного режиму зволоження (проведення осушувально-зволожувальної або осушувальної меліорації) в багатьох випадках за продуктивністю переважають чорноземи навіть на аналогічних фонах удобрення [1, 6].

Крім того, аналіз гідротермічної оцінки регіонів засвідчив [3], що в цілому за 1990 - 2010 рр. порівняно з 1960 - 1990 рр. територія країни з надмірним і достатнім атмосферним зволоженням за останні 20 років зменшилася на 18,9% і становить лише 15,6% від загальної площі.

За помітних змін клімату у бік зменшення кількості опадів і потепління зростає цінність і значення земель сільськогосподарського призначення в гумідних регіонах України. З одного боку, це пов'язано з тим, що такі зміни в Лісостепу і особливо в Степу призводять до зниження сприятливості умов для ви-

рощування всіх польових культур та підвищення варіабельності їх врожайності по роках. З іншого боку, із зниженням надлишкової вологості в гумідній зоні можна, навпаки, очікувати на позитивні тенденції в продуктивності сільськогосподарських угідь. У таких умовах потрібно оцінити агресурсний потенціал цієї зони і визначити напрямки її раціонального використання.

**Методи досліджень.** Оскільки Україна велика аграрна держава (54 % території займають сільськогосподарські угіддя) та у зв'язку кліматичними змінами, що мають місце в останні десятиріччя, метою досліджень було проаналізувати особливості сільськогосподарського виробництва на землях гумідної зони. Базою для аналізу була статистична звітність щодо наявності осушуваних земель, структури посівних площ, вирощування сільськогосподарських культур та утримання тварин, внесення мінеральних та органічних добрив [7, 9]. Розрахунки проведено для 12 областей, які входять у гумідну зону: Волинська, Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Київська, Львівська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька та Чернігівська.

**Результати досліджень.** Основним завданням стратегії розвитку агропромислового виробництва на землях гумідної зони є оптимальне поєднання збалансованого землекористування з концептуальною моделлю якості життя людини з підпорядкованими екологічними нормативами як по відношенню до ґрунту, повітря та води, так і до якості вирощеної продукції.

За останні 25 років площа угідь у сільськогосподарських підприємствах і господарствах населення в гумідній зоні зменшилася на 1,9 млн га, а площа ріллі – на 1,2 млн га. По Україні ці показники становлять відповідно 5,0 та 2,3 млн га (табл. 1).

Це явище, у певній мірі, характеризує негативні зміни в аграрному землекористуванні, тобто це пов'язано з відведенням земель для несільськогоспо-

## 1. Площа сільськогосподарських угідь та ріллі, млн. га

Регіон	1990	1995	2000	2005	2010	2014
Гумідна зона*	<u>14,3</u> 10,9	<u>14,1</u> 10,7	<u>13,4</u> 9,8	<u>12,8</u> 9,6	<u>12,4</u> 9,5	<u>12,4</u> 9,7
Україна*	<u>41,4</u> 33,4	<u>40,8</u> 33,0	<u>38,4</u> 31,4	<u>37,0</u> 30,9	<u>36,5</u> 30,9	<u>36,4</u> 31,1

у чисельнику – площа сільськогосподарських угідь, у знаменнику – ріллі

дарських потреб (переведення в несільськогосподарські угіддя, внутрішньогосподарське будівництво, відведення земель підприємствам, організаціям, установам тощо) [7].

Відповідно до статистичної звітності (форма 6-зем) станом на 2010 р. меліоративний фонд у гумідній зоні становив 2,7 млн га (22 % площ сільськогосподарських угідь), у тому числі в сільськогосподарських підприємствах – 0,86 млн га. При цьому загальний меліоративний фонд по Україні становив 2,96 та 0,93 млн га (у 2014 р. ці показники відповідно становили 2,96 та 0,96).

Довготривале реформування аграрної галузі призвело до створення сільськогосподарських підприємств різного типу господарювання на правах оренди земельних паїв, інтенсивно відокремлювались земельні ділянки для ведення особистих селянських господарств, збільшувалась кількість фермерських господарств, формувались надпотужні агрохолдинги, що призвело до порушення цілісності законодавчо встановленого землекористування, погіршення технічного стану меліоративних систем і якісного стану осушуваних земель та посилення деградаційних процесів у агроландшафтах гумідної зони. Таке фрагментарне порушення існуючої організації території негативно вплинуло на структуру угідь і посилює екологічний дисбаланс їх співвідношення. Все це вимагає розробки нових і удосконалення існуючих науково обґрунтованих підходів до формування збалансованого природокористування як основи успішного розвитку сільських територій.

Зокрема, рівень розорюваності сільськогосподарських угідь у гумідній зоні становить 71 % або 10,2 млн га (рис. 1). У структурі земельних угідь сіножаті та пасовища займають 26 % (3,7 млн га), багаторічні насадження – 2 % (0,3 млн га), а перелоги 1 % або 0,2 млн га.

У 2014 р. в структурі посівних площ у гумідній зоні більшість земель була відведена під зернові та зернобобові культури – 4,5 млн га або 51 % від усієї посівної площі (рис. 2), під технічні – 2,2 млн (25 %), кормові – 1,1 млн (13 %) та картоплю і овочеваштанні культури – 0,96 млн га (11 %).

У результаті проведення земельної реформи як у гумідній зоні, так і в цілому по Україні, з'явилися нові форми власності на землю, сьогодні йде поступове «поглинання» більш успішними, потужними аграрними підприємствами менш розвинених, часом повністю збанкрутілих господарств, які зазнали економічного краху внаслідок цілої низки причин. Відповідно до статистичної звітності (форма 9-б.с.-г.) [9] щодо внесення мінеральних та органічних добрив, якою звітуються підприємства, що мають середню площу господарства більше 100 га, можна констатувати, що починаючи з 1990 років ішло роздрібнення великих господарств на дрібні, проте з 2005 р. знову проходить укрупнення земельних масивів (рис. 3). Можна прогнозувати, що і надалі буде посилюватись диференціація сільськогосподарських підприємств за розміром, організацією, формами господарювання і економічним станом.

Важливим чинником змін технологічних процесів у рослинництві виступає загальна тенденція

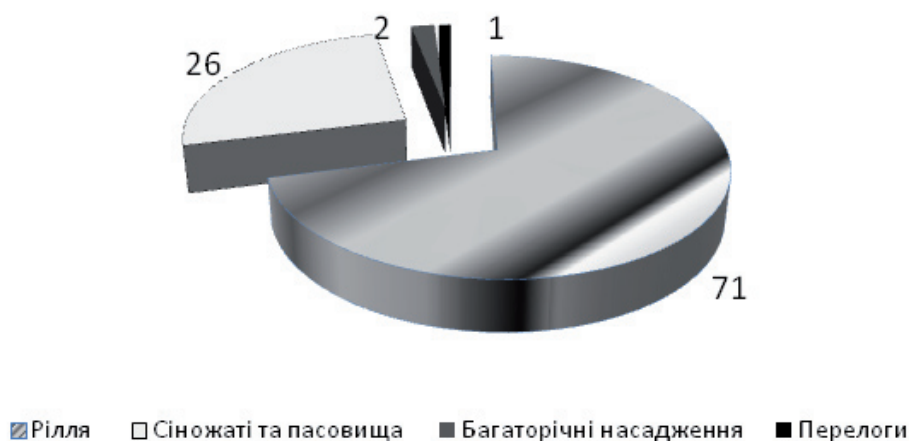


Рис. 1. Структура сільськогосподарських угідь у гумідній зоні, %

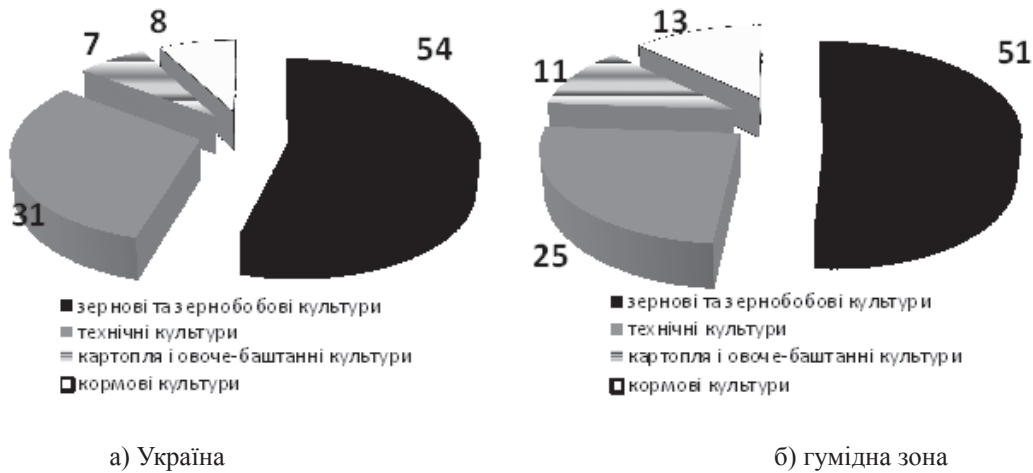


Рис. 2. Структура посівних площ у цілому по Україні та гумідній зоні, %

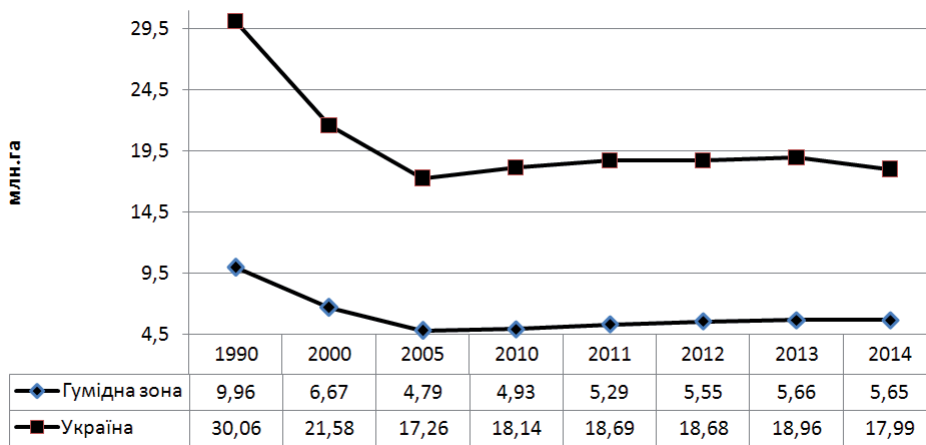


Рис. 3. Посівні площі сільськогосподарських культур у господарствах площею понад 100 га, млн га

коливань останніми роками погодно-кліматичних умов. У процесі змін клімату в гумідній зоні з'явився додатковий ресурсний потенціал – потепління, який за історичного періоду знаходився в мінімумі, що не дозволяло реалізовувати умови достатнього зволоження. Сьогодні актуальним у цьому відношенні є раціональне і ефективне використання додаткового теплового ресурсу, що призвело до збалансування гідротермічних ресурсів.

Під впливом поступової зміни клімату ареал вирощування теплолюбних культур (соняшник, кукурудза на зерно, соя) зміщується в зону стійкого вологозабезпечення, тобто спостерігається перехід з традиційних зон вирощування у північні і західні. Це підтверджується динамікою структури посівних площ впродовж 2000-2014 рр. порівняно з 1990 р. За період з 1990 р. по 2014 р. площі соняшнику зросли у 24 рази, кукурудзи на зерно – у 6,2 рази, ріпаку – 4,7 рази, а по Україні ці показники становлять відповідно 3,2, 3,8 та 9,9 рази (табл. 2). Натомість за цей період у гумідній зоні площі під пшеницею озимою та ярою зменшилися у 1,3 рази, плодів і ягід – у 2,7 разів. Поряд з цим зменшилися також площі льонувдовгунцю, кормових сіяних трав, цукрових буряків, безпосередньо зернобобових культур та ін.

Унаслідок вирощування останніми роками більш продуктивних нових сортів та гібридів сільськогосподарських культур спостерігається збільшення їх урожайності. Однак у гумідній зоні відмічають більший потенціал підвищення продуктивності, ніж у цілому по Україні, що пов'язане з більш оптимальним вологозабезпеченням (табл. 2). Зокрема, якщо середня врожайність зернових і зернобобових культур у гумідній зоні в 1990 р. становила 3,17 т/га, то у 2014 р. – 5,48 т/га, тобто підвищилася в 1,7 рази, то по Україні вона становила відповідно 3,51 та 4,37 т/га (1,2 рази). Для кукурудзи на зерно ці показники становлять: 3,92 та 7,6 т/га (1,9 рази) і 3,87 та 6,16 т/га (1,6 рази), а для ріпаку 1,43 та 3,03 т/га (2,1 рази) і 1,45 і 2,54 т/га (1,7 рази). Така тенденція відмічена практично для всіх сільськогосподарських культур.

Разом з тим у гумідній зоні відтворення родючості ґрунту неможливе без розвитку тваринницької галузі та переважання органічної системи удобрення. Враховуючи ґрунтово-кліматичні умови цієї зони та наявність більших площ ніж по Україні природних кормових угідь (луки, пасовища), потрібно спрямувати спеціалізацію господарств за напрямком виробництва м'ясо-молочної та м'ясної продукції, як це практикується в економічно розвинених країнах світу. З початком реформування сільського господар-

2. Зібрані площі та врожайність сільськогосподарських культур за 1990-2014 рр.

Сільськогосподарські культури	Показник*	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Зернові та зернобобові культури	млн. га	4,622	4,487	3,968	4,327	4,237	4,414	4,634	4,644	4,437
	т/га	14,522	13,962	12,587	14,605	14,576	15,321	14,792	15,804	14,627
Пшениці озима і яра	млн. га	3,17	2,59	2,06	2,53	2,8	3,92	4,27	4,79	5,48
	т/га	3,51	2,43	1,94	2,6	2,69	3,7	3,12	3,99	4,37
Кукурудза на зерно	млн. га	2,041	1,837	1,71	1,811	1,729	1,715	1,656	1,598	1,556
	т/га	7,558	5,479	5,162	6,571	6,284	6,657	5,63	6,566	6,011
Соняшник	млн. га	3,61	3,14	2,24	2,62	2,51	3,31	3,71	3,75	4,63
	т/га	4,02	2,97	1,98	2,85	2,68	3,35	2,80	3,39	4,01
Ріпак	млн. га	0,291	0,194	0,213	0,425	0,973	1,295	1,572	1,884	1,799
	т/га	1,223	1,161	1,279	1,660	2,648	3,544	4,372	4,827	4,627
Картопля	млн. га	3,92	3,59	3,81	5,13	4,88	6,65	6,42	7,15	7,6
	т/га	3,87	2,92	3,01	4,32	4,51	6,64	4,79	6,41	6,16
Овочі	млн. га	0,025	0,048	0,088	0,098	0,261	0,383	0,445	0,541	0,595
	т/га	1,626	2,008	2,842	3,689	4,526	4,717	5,082	5,090	5,212
Плоди та ягоди	млн. га	1,51	1,23	0,96	1,13	1,58	1,9	2,09	2,38	2,39
	т/га	1,58	1,42	1,22	1,28	1,5	1,84	1,65	2,17	1,94
Кормові	млн. га	0,076	0,035	0,084	0,094	0,285	0,321	0,327	0,423	0,359
	т/га	0,087	0,047	0,157	0,195	0,862	0,833	0,547	0,996	0,865
Лісові	млн. га	1,43	0,88	0,90	1,41	1,84	1,97	2,39	2,52	3,03
	т/га	1,45	0,85	0,84	1,46	1,70	1,73	2,20	2,36	2,54
Виноград	млн. га	0,879	0,824	0,89	0,821	0,784	0,809	0,808	0,792	0,789
	т/га	1,433	1,531	1,631	1,516	1,412	1,443	1,444	1,394	1,343
Плоди та ягоди	млн. га	13,1	10,4	13,8	13,4	15,1	18,8	18,8	17,7	19,1
	т/га	11,7	9,6	12,2	12,8	13,2	16,8	16,1	16	17,6
Плоди та ягоди	млн. га	0,142	0,145	0,163	0,148	0,153	0,165	0,165	0,163	0,163
	т/га	0,447	0,489	0,519	0,464	0,468	0,504	0,503	0,494	0,464
Плоди та ягоди	млн. га	14,7	12,8	12,4	17,4	18,7	19,8	20,3	20,3	20,8
	т/га	14,9	12	11,2	15,7	17,4	19,5	19,9	20	20,8
Плоди та ягоди	млн. га	0,273	0,257	0,148	0,115	0,098	0,1	0,101	0,101	0,102
	т/га	0,680	0,637	0,378	0,265	0,223	0,223	0,223	0,222	0,210
Плоди та ягоди	млн. га	3,48	3,2	3,46	4,9	7,45	7,63	8,24	9,52	9,58
	т/га	4,27	2,98	3,84	6,37	7,82	8,49	8,99	10,35	9,52

\* у чисельнику – зібрані площі та врожайність сільськогосподарських культур у гумідній зоні; у знаменнику – по Україні

ства та складними економічними умовами кількість поголів'я тварин протягом 24 років зменшувалася. Як видно з рис. 4, у гумідній зоні кількість ВРХ за 24 роки зменшилася у 5,5 разів, корів – 3 рази, свиней – 1,9 рази, кіз і овець – 3,8 рази. Для України ці показники становлять відповідно 6,3; 3,7; 2,6 та 6 разів. Отже, можна відмітити, що по Україні зменшення поголів'я тварин має більш інтенсивний характер, ніж по гумідній зоні. Разом з тим як по Україні, так і по гумідній зоні в останні роки відбувається збільшення приросту свиней.

Також відповідно до статистичної форми 9-б. с.-г. з початку 1990 років спостерігають зменшення обсягів внесення мінеральних та органічних добрив, хоча обсяги внесення мінеральних добрив з 2005 р. почали збільшуватися (табл. 3). Внесення органічних добрив залишається вкрай низьким, хоча порівняно по Україні органіки сільгосптоваровиробники вносять значно більше.

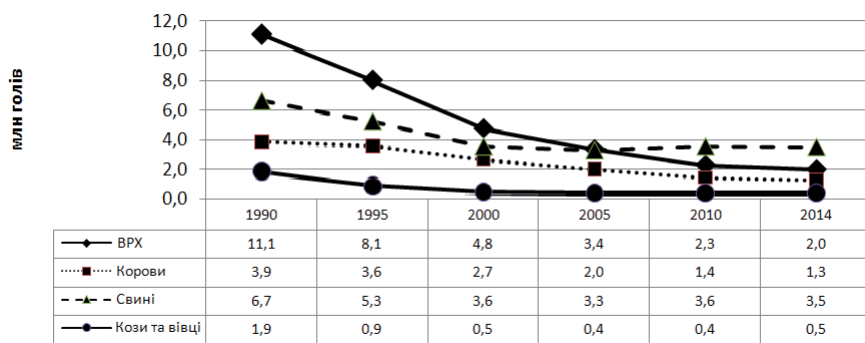
Обсяги внесення мінеральних добрив по гумідній зоні у 2005 р. зменшилися порівняно з 1990 р. у 4,5 рази, 2010 р. – 2,5 рази, а у 2014 р. – у 1,7 рази. Для органічних добрив ці показники становили відповідно у 2010 р. 7,7 рази, а 2010 і 2014 роках – 12,9 рази.

Хоча кількість ВРХ за 24 роки в гумідній зоні зменшилася (рис. 4) у 5,5 разів, проте внесення органічних добрив за цей період зменшилося майже у 13 разів. Це свідчить про те, що у великих господарствах утримують меншу кількість тварин, разом з тим велику частку тварин утримують у невеликих господарствах, тому наявний гній вносять у фермерських господарствах, які не звітуються за формою 9-б с.-г. (менше 100 га), та на селітебних територіях. Внесення великих, не науково обґрунтованих норм гною, призводить до забруднення ґрунтів біогенними макро- і мікроелементами, також забруднення вищої продукції. Зокрема, дослідженнями [5] було

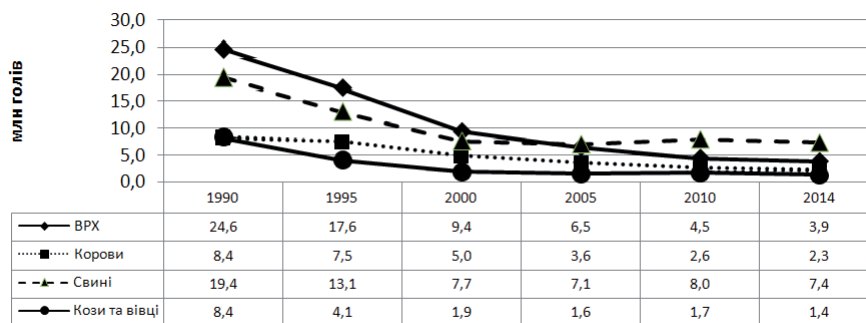
**3. Внесення мінеральних та органічних добрив за 1990-2014 рр.**

Роки	Показник*	1990	2000	2005	2010	2014
Внесення мінеральних добрив	тис. тонн	4241,6	278,7	557,9	1060,6	1469,0
		19240,0	131,3	207,4	376,3	631,8
	кг/га	193	20	43	76	112
		141	13	32	58	82
Внесення органічних добрив	млн. тонн	115,3	15,9	7,0	4,3	5,0
		257,1	28,4	13,2	9,9	9,9
	т/га	11,6	2,4	1,5	0,9	0,9
		8,6	1,3	0,8	0,5	0,5

\* у чисельнику – внесення мінеральних та органічних добрив у гумідній зоні; у знаменнику – по Україні



Гумідна зона



Україна

Рис. 4. Поголів'я основних видів сільськогосподарських тварин у 1990-2014 рр., млн голів

встановлено, що в пробах столового буряку середній вміст цинку в 1,7 рази перевищував максимально допустимі рівні, а кількість проб з перевищенням нормативу досягала 50 %. Разом з тим встановлено забруднення колодязної води нітратами. Із загальної кількості відібраних проб води у 39 % вміст нітратного азоту перевищував ГДК, а кратність перевищення досягала 3,6 рази.

Отже розвиток землеробської галузі має базуватися на:

- науково обґрунтованому використанні сільськогосподарських угідь;

- розробленні ресурсозберігаючих, економічно стійких і екологічно високоефективних систем ведення сільського господарства;

- здійсненні комплексу природоохоронних, агротехнічних, організаційно-господарських, технічних і економічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності та економічної ефективності використання агроресурсного потенціалу територій, в тому числі збереження родючості ґрунтів.

**Висновки.** Проведений аналіз сучасного землекористування в гумідній зоні показав, що на нинішньому етапі ведення сільського господарства існують як позитивні, так і негативні зміни. Зокрема до негативних змін відносяться такі:

- досить високий відсоток розораності сільськогосподарських угідь – 71 %;

- досить малу частку, а саме 13 %, у структурі посівних площ займають кормові культури;

- протягом 25 років збільшилися площі під соняшником (у 24 рази), кукурудзою на зерно (у 6 разів) та ріпаком (у 4 рази), натомість зменшилися – під пшеницею, плодами і ягодами, льоном-довгунцем, кормовими культурами тощо;

- кількість ВРХ у гумідній зоні за досліджуваний період зменшилася у 5,5 разів, внесення мінеральних добрив – 4,5 рази, а внесення органічних добрив – у 13 разів.

Позитивні зміни стосуються зменшення площ сільськогосподарських угідь (порівняно з 1990 р. відбулося зменшення на 13 %, ріллі – на 11 %) та приросту врожаїв сільськогосподарських культур, незважаючи на низькі обсяги внесення добрив. Істотний приріст урожайності отримують завдяки селекції більш продуктивних сортів і гібридів та зміні кліматичних умов гумідної зони в бік збалансування кількості тепла і вологи.

Отже, зростання продуктивності сільськогосподарських культур за низьких обсягів внесення мінеральних та органічних добрив, не впровадження ресурсозберігаючих та ґрунтозахисних технологій і в подальшому буде призводити до незбалансованого використання земельних ресурсів і втрати родючості ґрунтів гумідної зони.

#### Бібліографія

1. Біоорганічні агроєкосистеми в зоні осушення / За ред. член-кора Ю.О. Тараріка. – К.: ДІА, 2013. – 216 с.
2. Комплексна програма розвитку сільського господарства Київської області у 2008-2010 роках та на період до 2015 року / [О.В. Покотило, С.О. Ситніков, П.П. Пилипенко та ін.]. – Чабани: ТОВ ЕКМО, 2008. – 283 с.
3. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України / [Я.М. Гадзало, М.І. Ромащенко, Ю.І. Гринь та ін.]; за заг. ред. д.т.н., акад. НААН М.І. Ромащенко. – К.: ЦП «Компринт», 2014 – 28 с.
4. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів : [монографія] / Г.А. Мазур ; за наук. ред. акад. УАН В.Ф. Сайка. – К.: Аграрна наука, 2008. – 308 с.
5. Майстренко М.І. Порівняльна характеристика агроєкологічного стану ґрунтів і якості продукції у різних типах господарств / М.І. Майстренко, Л.В. Дацько, Т.П. Андросович // Охорона родючості ґрунтів. – 2008. - № 4. – С. 51-58.
6. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / Ред. М.В. Зубець (голова редакційної колегії) та ін. – К.: Урожай, 2004. – 560 с.
7. Статистичний збірник «Сільське господарство України» / [Відп. за вип. О.М. Прокопенко]. – К.: - 2015. – 380 с.
8. Формування біоенергетичних агроєкосистем в зоні Полісся України (Рекомендації). Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва Лівобережного Полісся / За ред. Ю.О. Тараріко, О.М. Берднікова. – К.: ДІА, 2012. – 248 с.
9. <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

Дацько Л.В.

#### Современное сельскохозяйственное использование земель гумидной зоны Украины

В статье по данным статистической отчетности проведен анализ особенностей сельскохозяйственного производства на землях гумидной зоны. Установлено, что за последние 25 лет площадь сельскохозяйственных угодий в этой зоне уменьшилась на 1,9, а пашни – 1,2 млн га, при этом уровень распаши земель составляет 71%. В 2014 г. в структуре посевных площадей большая часть пашни (51%) была отведена под зерновые и зернобобовые культуры, 25% - под технические, 13% - кормовые культуры и 11% - картофель и овоще-бахчевые культуры. При этом по сравнению с 1990 г. площади подсолнечника в гумидной зоне выросли в 24 раза, кукурузы на зерно - 6, рапса - 4 раза. Зато уменьшились площади под пшеницей, плодами и ягодами, льном-долгунцом, кормовыми культурами и т.д. За последние 25 лет отмечено увеличение урожайности практически всех сельскохозяйственных культур, что связано с выращиванием более продуктивных сортов и гибридов и изменением климата. Также за этот период количество КРС в гумидной зоне уменьшилось в 5,5 раза, внесение минеральных удобрений - 4,5 раза, а внесение органических удобрений - в 13 раз.

**Modern agricultural land use of humid zone of Ukraine**

*The article according to statistical reports analyzed the features of agricultural production on lands of the humid zone. It was found that over the past 25 years, the area of arable land in this area has decreased by 1.9 and arable land - 1.2 million hectares, while the level of plowing land is 71%. In 2014, in the structure of sown areas most of the arable land (51%) was allotted for cereals and legumes, 25% - for technical, 13% - fodder crops, and 11% - potatoes, vegetables and melons. In comparison with 1990 square sunflower in the humid zone increased by 24 times, grain maize - 6, rape - 4 times. But decreased the area under wheat, fruits and berries, flax, forage crops, etc. Almost in the last 25 years have seen an increase in yields of almost all crops, which is associated with the cultivation of more productive varieties and hybrids, and climate change. Also during this period the number of cattle in the humid zone decreased by 5.5 times, mineral fertilizers - by 4.5 times, and organic fertilizers - by 13 times.*

УДК 631.674:633.18.03

## ВРАХУВАННЯ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПРИ ОЦІНЦІ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

**А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ**, док. техн. наук,  
**В.О. ТУРЧЕНЮК**, канд. техн. наук,  
**Н.В. ПРИХОДЬКО**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

*Розглянута прогностна оцінка формування погодно-кліматичних умов зони рисосіяння України в найближчій і віддаленій перспективі та їх вплив на природно-меліоративні режими рисових зрошувальних систем.*

**Ключові слова:** погодно-кліматичні умови, оцінка ефективності функціонування, рисові зрошувальні системи

**Проблема та її актуальність.** У складних природно-технічних системах, до яких відносяться і рисові зрошувальні системи (РЗС), вибір режимно-технологічних та технічних рішень на різних рівнях прийняття їх у часі повинен ґрунтуватися на використанні відповідної метеорологічної інформації з метою вибору кліматологічно оптимальних стратегій управління такими системами в багаторічному та внутрішньовеgetаційному перерізі [7].

Для територій з близьким залеганням безстічних мінералізованих ґрунтових вод, на яких розміщена більшість рисових систем України, погодно-кліматичні умови безпосередньо приймають участь у формуванні водно-сольового режиму ґрунтів і ґрунтових вод, визначаючи напрямок перебігу ґрунтових процесів як у природному стані, так і в окремі технологічні періоди вирощування рису і супутніх культур [3,6].

Від температури повітря, ґрунту і поливної води залежить багато біологічних процесів, що відбуваються в житті рослин. Регулюючи температурні умови можна інтенсифікувати або, навпаки, загальмувати біологічні процеси і, тим самим, управляти врожаєм і датою дозрівання рослини. Однак, аналітичні залежності, що зв'язують зовнішні умови (температура, випаровуваність, опади, фільтрацію) з терміном дозрівання і, як наслідок, початком збирання рису, на жаль, поки ще не розроблені.

Крім того, приблизно половину зрошувальної норми рису складають втрати на випаровування з водної поверхні і транспірацію вирощуваними культурами, величина яких має пряму залежність від таких метеорологічних характеристик як температура та дефіцит вологості повітря. У свою чергу, величина зрошувальної норми визначає і об'єм фільтрації із зрошувальної мережі, яка на територіях зі складними гідрогеологічними умовами є головним фактором, що впливає на формування режиму ґрунтових вод і через нього – на водно-повітряний і сольовий режими зрошуваних ґрунтів.

Оскільки вирішальний вплив на формування водного і загального природно-меліоративного режимів земель РЗС та врожаю вирощуваних культур у багатьох випадках спричиняють саме кліматичні або погодні умови, необхідно мати у своєму розпорядженні дані про їх реалізацію для відповідного

об'єкта як за ряд попередніх років ретроспективних спостережень, так і на прогнозований період функціонування системи. Кількість таких реалізацій та вибір конкретних років залежать від багаторічної міжсезонної варіабельності метеорологічних умов і, безсумнівно, повинні охоплювати всі типові для даного регіону їх виявлення.

У зв'язку з цим, прогнозування погодно-кліматичних умов є невід'ємною умовою реалізації оцінки загальної ефективності функціонування РЗС.

Вирішення завдання щодо підвищення загальної ефективності функціонування діючих РЗС як складних природно-технічних систем та розробки стратегії їх подальшого розвитку на найближчу та віддалену перспективу потребує виконання відповідних прогностичних режимних розрахунків за такими визначеними часовими періодами:

– **ретроспективний** та **сучасний**, які відповідно відображають ефективність функціонування РЗС з моменту введення їх в експлуатацію і дотепер;

– **прогнозований** – характеризує найближчу (*прогнозований сучасний*) та віддалену (*прогнозований майбутній*) перспективу з урахуванням наявних та можливих змін клімату.

**Методика досліджень.** Для вирішення поставленого завдання був спланований та здійснений широкомасштабний машинний експеримент на ЕОМ за багаторічними ретроспективними (1891 – 1964 рр.) та сучасними (1981 – 2014 рр.) даними спостережень Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (м. Ізмаїл, Одеська область). При цьому використані моделі прогностичної оцінки на довготерміновій основі нормованого розподілу у багаторічному та внутрішньовеgetаційному перерізі основних метеорологічних характеристик за методами, інформаційним та програмним забезпеченням з їх реалізації на ЕОМ, розробленими на кафедрі природооблаштування та гідромеліорацій НУВГП [1,6].

Були сплановані та реалізовані такі варіанти дослідження:

– **Варіант 1 – «Base»:** характеристика основних метеофакторів за період вегетації (IV-X місяці), отриманих за багаторічними ретроспективними даними (1891-1964 рр.) [2];

– **Варіант 2 – «Recent»:** динаміка та нормовані середньобагаторічні значення величин основних



метеофакторів та їх розподіл за період вегетації (IV-X місяці), отримані в сучасних умовах за 1981-2014 рр.;

- **Варіант 3а** – «СССМ» та **Варіант 3б** – «УКМО»: нормовані середньобагаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації (IV-X місяці), отриманих з урахуванням наявних та можливих змін клімату, згідно рекомендацій академіка М.І. Ромашенка [4], за моделями Канадського кліматологічного центру «СССМ» – як більш сприятливий прогноз, та Метеорологічного бюро Об'єднаного королівства «УКМО» – як менш сприятливий прогноз, що передбачають підвищення середньорічної температури повітря відповідно на 4 °С та 6 °С – при подвоєнні вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері.

Доцільність застосування моделей «СССМ» та «УКМО» при відповідних прогнозних режимних розрахунках підтверджується тим, що вони враховують як менш, так і більш

критичні сценарії змін погодно-кліматичних умов та якнайкраще узгоджуються із моделями прогнозу оцінки нормованого розподілу основних метеорологічних характеристик у багаторічному та внутрішньовегетаційному перерізах.

Прогноз здійснено для п'яти типових груп періодів вегетації розрахункових років щодо загальної тепло- та вологозабезпеченості (дуже вологий – 10%, вологий – 30%, середній – 50%, сухий – 70%, дуже сухий – 90%) за такими основними метеорологічними характеристиками як температура повітря, опади, відносна вологість та дефіцит вологості повітря, фотосинтетичноактивна радіація (ФАР), коефіцієнт вологозабезпеченості (відношення суми опадів до сумарного випаровування).

Отримані на основі реалізації зазначених варіантів досліджень погодно-кліматичних умов узагальнені результати розрахунку наведені в таблицях 1, 2.

### 1. Визначені вегетаційні значення основних метеорологічних характеристик по розрахункових роках за варіантами досліджень для умов Придунайських РЗС

Показники, моделі		Роки розрахункової тепло- й вологозабезпеченості				
		10 %	30 %	50 %	70 %	90 %
Сума опадів (Р, мм)	«Base»	387,5	337,2	287,0	236,8	186,6
	«Recent»	363,1	265,0	261,8	185,5	167,0
	«СССМ»	321,3	279,4	237,6	192,7	147,8
	«УКМО»	362,4	315,4	268,5	217,7	167,0
Середня температура повітря (Т, °С)	«Base»	16,2	16,6	17,1	17,4	18,1
	«Recent»	16,9	17,2	17,2	17,8	18,4
	«СССМ»	19,4	20,1	20,9	21,3	22,2
	«УКМО»	20,0	20,8	21,7	22,2	23,3
Сума дефіциту вологості повітря (D, мм)	«Base»	1142	1343	1531	1705	1920
	«Recent»	1214	1307	1433	1582	1814
	«СССМ»	1430	1682	1867	2136	2405
	«УКМО»	1455	1731	1933	2226	2520
Середня відносна вологість повітря (Н, %)	«Base»	71,9	68,4	65,6	62,8	60,3
	«Recent»	71,0	69,4	67,5	65,9	62,7
	«СССМ»	71,9	68,2	65,8	61,9	58,7
	«УКМО»	72,7	69,0	66,6	62,6	59,6
Сума ФАР, (ФАР, МДж/м <sup>2</sup> )	«Base»	1849,6	1886,5	1925,5	1947,0	1997,4
	«Recent»	1905,6	1924,0	1931,8	1974,9	2027,2
	«СССМ»	2109,8	2164,0	2221,0	2252,5	2326,2
	«УКМО»	2150,8	2216,4	2285,6	2323,8	2413,3
Коефіцієнт вологозабезпеченості (K <sub>w</sub> )	«Base»	0,56	0,41	0,32	0,23	0,16
	«Recent»	0,49	0,33	0,30	0,19	0,15
	«СССМ»	0,38	0,28	0,21	0,15	0,10
	«УКМО»	0,43	0,31	0,23	0,16	0,10

**2. Порівняльна оцінка зміни вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик за розрахунковими роками сучасних («Recent») та прогнозованих («СССМ» та «УКМО») умов щодо їх середньобіагаторічних норм («Base») для Придунайських РЗС (%)**

Показники, моделі		Роки розрахункової тепло- й вологозабезпеченості					Середнє, %
		10%	30%	50%	70%	90%	
Опади, (P)	«Recent»	-6,3	-21,4	-8,8	-21,7	-10,5	-14,7
	«СССМ»	-17,1	-17,1	-17,2	-18,6	-20,8	-18,3
	«УКМО»	-6,5	-6,5	-6,4	-8,1	-10,5	-7,8
Температура повітря, (T)	«Recent»	+4,3	+3,6	+0,6	+2,3	+1,7	+2,3
	«СССМ»	+19,8	+21,1	+22,2	+22,4	+22,7	+22,0
	«УКМО»	+23,5	+25,3	+26,9	+27,6	+28,7	+26,9
Дефіцит вологості повітря, (D)	«Recent»	+6,3	-2,7	-6,4	-7,2	-5,5	-4,6
	«СССМ»	+25,2	+25,2	+22,0	+25,3	+25,3	+24,5
	«УКМО»	+27,4	+28,9	+26,3	+30,6	+31,5	+29,1
Відносна вологість повітря, (H)	«Recent»	-1,3	+1,5	+2,9	+4,9	+4,0	+3,1
	«СССМ»	0,0	-0,3	+0,3	-1,4	-2,7	-0,9
	«УКМО»	+1,1	+0,9	+1,5	-0,3	-1,2	+0,3
Сума ФАР	«Recent»	+3,0	+2,0	+0,4	+1,4	+1,5	+1,4
	«СССМ»	+14,1	+14,7	+15,4	+15,7	+16,5	+15,5
	«УКМО»	+16,3	+17,4	+18,8	+19,4	+20,8	+18,9
Коефіцієнт вологозабезпеченості, (K <sub>w</sub> )	«Recent»	-12,5	-19,5	-6,3	-17,4	-6,3	-12,2
	«СССМ»	-32,1	-31,1	-34,4	-34,8	-37,5	-34,4
	«УКМО»	-23,2	-24,4	-28,1	-30,4	-37,5	-29,6

Згідно отриманих результатів щодо порівняльної оцінки змін сучасних та прогнозованих вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик по розрахункових роках та в середньому між ними у досліджуваних умовах можна зробити такі висновки:

- **щодо опадів:** у сучасних умовах («Recent») порівняно з ретроспективним («Base») має місце зменшення кількості опадів по всіх розглянутих розрахункових роках, що у середньому складає 14,7%. Найбільші зменшення кількості опадів спостерігаються у «вологі» (p=30 %) – 21,4% та «сухі» (p=70%) – 21,7% розрахункові роки.

Відповідно за прогнозними варіантами також очікується зменшення кількості опадів щодо їх середньобіагаторічних норм («Base»), яке у середньому становить за моделлю «СССМ» – 18,3 % та «УКМО» – 7,8%. При цьому величини прогнозованих відхилень поступово зменшуються для граничних «дуже вологих» (p=10%) та «дуже сухих» (p=90%) розрахункових років.

- **щодо температури повітря:** то вже в сучасних умовах («Recent») у порівнянні з ретроспективними («Base») має місце виражене підвищення температури повітря, яке у середньому за розрахунковими роками становить 2,3% і збільшується у вологі та посушливі роки.

Сучасні значення температур повітря у «середній» (p=50%) розрахункові роки близькі до середньобіагаторічних значень, відхилення зростає при переході від «середніх» до «дуже сухих» (p=90%) та «дуже вологих» (p=10%) розрахункових років. За прогнозними варіантами «СССМ» та «УКМО» прогнозується значне підвищення температури повітря відносно даних за варіантом «Base» на 22,0% та 26,9% відповідно;

- **щодо дефіциту вологості повітря:** характер зміни даного показника аналогічний зміні температури повітря з деякими відхиленнями за розрахунковими роками та дещо більшою зміною за прогнозними варіантами – для «СССМ» збільшення складає 24,5%, а для «УКМО» – 29,1%;

- **щодо відносної вологості повітря:** у сучасних умовах («Recent») має місце деяке підвищення, що складає 4,0...4,9% у «сухі» та «дуже сухі» роки, всі інші значення за всіма варіантами відрізняються несуттєво –  $\pm 1...3\%$ ;

- **щодо ФАР:** характер зміни даного показника повністю аналогічний зміні температури повітря з деякими відхиленнями по розрахункових роках та дещо меншою зміною ніж вона за прогнозними варіантами – для «СССМ» збільшення складає 15,5%, а для «УКМО» – 18,9%;

- **щодо коефіцієнта вологозабезпеченості:** характер зміни даного показника повністю ідентичний

характеру зміни опадів за розрахунковими роками. При цьому за прогностичними варіантами він значно зменшується – для «СССМ» зменшення складає 34,4%, а для «УКМО» – 29,6%.

Наведені дані переконливо свідчать про те, що більшість значень метеорологічних характеристик, крім температури і ФАР, за розрахунковими роками та в середньому між ними вже в сучасних умовах знаходяться або в зоні, або на рівні прогнозованих їх величин за умовами зміни клімату.

Порівняльна оцінка динаміки основних метеорологічних характеристик вегетаційного періоду за

1981-2014 рр. з їх ретроспективними та перспективними нормами для опадів, температури, дефіциту та відносної вологості повітря наведена на рис. 1;

– **щодо опадів:** простежується значна амплітуда їх коливань за розглянутий період від 180 до 550 мм при нормі 287 мм з чітко вираженими максимумами у 1997 та 2014 рр. та відносно стійкими коливаннями їх значень у наступні після 1997 роки; при цьому середньорічна норма опадів за моделлю «Recent» менша за середньобагаторічну норму моделі «Base»;

– **щодо температури повітря:** має місце протилежна картина, починаючи з 1981 р. амплітуда

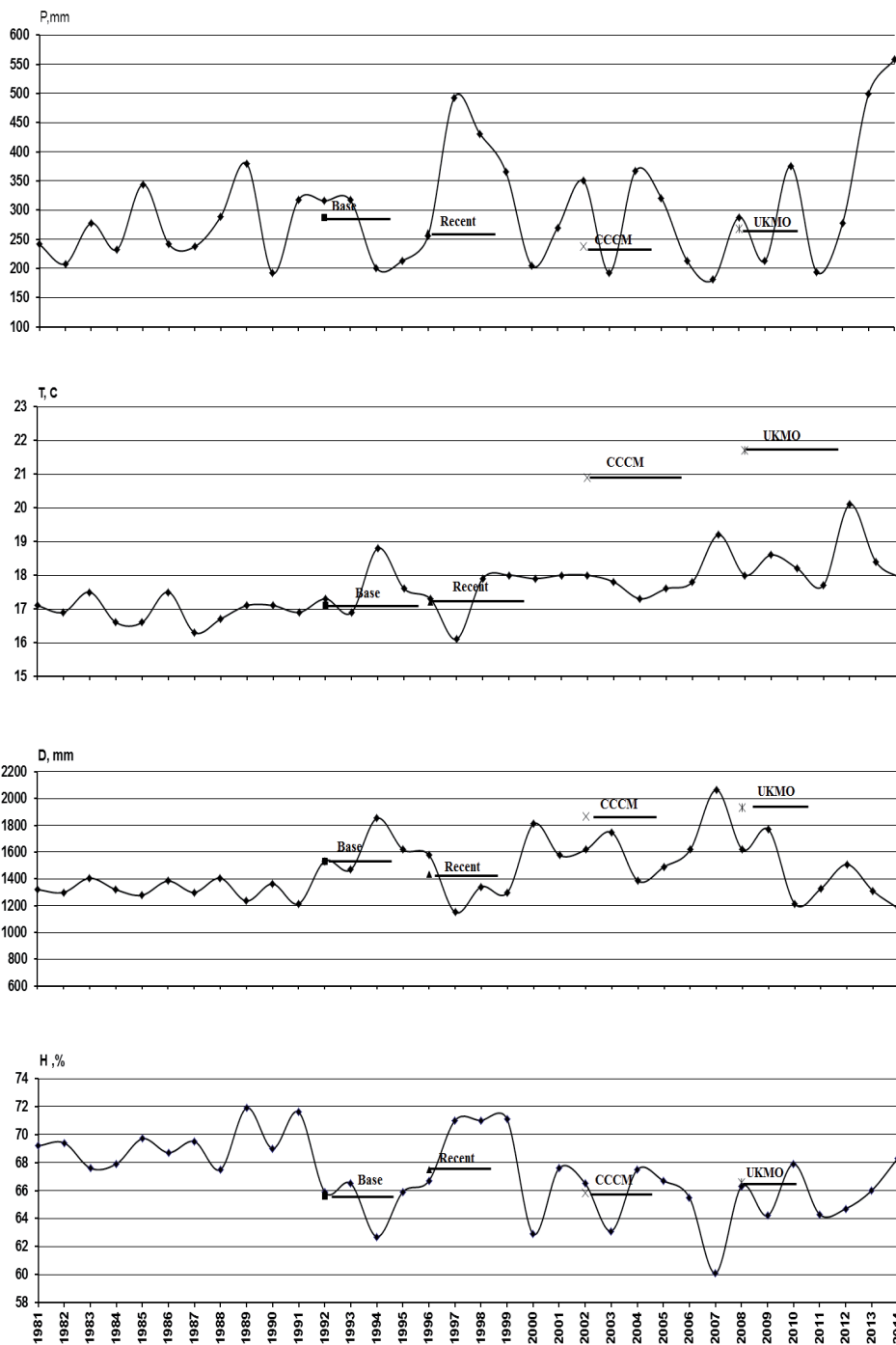


Рис. 1. Порівняльна оцінка значень основних метеорологічних характеристик вегетаційного періоду в ретроспективному, сучасному та перспективному станах

коливань досягає першого максимуму у 1994 р. – 18,9 °С, та стрімко падає до 15,9 °С у 1997 р., після чого спостерігається поступове підвищення температури до другого максимуму в 19,3 °С у 2007 р. та третього – в 20,2 °С у 2012 р. При цьому чітко виражений тренд підвищення температури за останні роки, але їх середньорічні значення значно менші за прогнозовані їх норми за моделями «СССМ» та «УКМО», хоча середньорічна норма за моделлю «Recent» вже дещо вища за середньобагаторічну норму моделі «Base»;

– **щодо дефіциту вологості повітря:** динаміка зміни дефіцитів вологості повітря в цілому відображає характерні особливості зміни амплітуди коливань за опадами та температурою: дефіцит вологості досягає першого максимуму у 1994 р. – 1850 мм при середньовегетаційному значенні 8,69 мм, після цього він аналогічно знижується відповідно до 1150 мм або 5,40 мм у 1997 р., а за тим поступово підвищується до другого та третього максимумів у 2000 р. та у 2007 р. – відповідно 1810 мм або 8,50 мм та 2150 мм або 10,1 мм з поступовим зниженням до другої групи мінімумів у 2010 р. і 2014 р. – відповідно 1215 мм або 5,70 мм та 1175 мм або 5,52 мм. При цьому його середньорічна норма за моделлю «Recent» є нижчою за середньобагаторічну норму «Base», а його відповідні норми за моделями «СССМ» та «УКМО» вже знаходяться у межах сучасних коливань;

– **щодо відносної вологості повітря:** спостерігається протилежна ситуація щодо динаміки зміни відносної вологості повітря, тут два перші максимуми близько 72% мають місце у 1989 р. та 1991 р., після яких відбувається стрімке зниження її до першого мінімуму 62,9% у 1994 р. та аналогічне зростання до других максимумів близько 72% у 1996-1999 рр. з поступовим зниженням амплітуди коливань до другої групи мінімумів 61...63% у 2000 р., 2003 р. та 2007 р. із подальшою тенденцією до підвищення. При цьому середньорічна норма відносної вологості за моделлю «Recent» є набагато вищою за її середньобагаторічну величину за моделлю «Base», а її відповідні норми за моделями «СССМ» та «УКМО» знаходяться у межах сучасних коливань середньорічних значень, які навіть значно нижчі за них.

У цілому прогнозовані значення розглянутих метеорологічних характеристик за моделями «СССМ» та «УКМО» в зоні Придунайських РЗС, за виключенням температури повітря, вже знаходяться в межах їх сучасних коливань і навіть перевищують їх за окремими позиціями, що свідчить про стійку тенденцію зміни погодно-кліматичних умов у даному регіоні.

Отримані результати порівняльної оцінки формування погодно-кліматичних умов у зоні функціонування Придунайських РЗС за варіантами їх досліджень свідчать про те, що по всіх основних метеорологічних показниках, за виключенням відносної вологості повітря, насамперед це стосується температури повітря, як визначального фактора сучасних змін клімату, а також ФАР, як її похідної, вже відбуваються зміни, які у най-

ближчій перспективі можуть перевищувати 10-відсотковий критичний екологічний поріг, що за Н.Ф. Реймерсом [5] призведе до відповідних незворотних змін в екологічному стані довкілля зони рибосіяння.

**Висновки.** Встановлено, що при наявних темпах та рівнях змін погодно-кліматичних умов слід очікувати погіршення природно-меліоративних умов взагалі як у зоні Придунайських РЗС, так і в зоні рибосіяння України в цілому. Це неминуче негативно відобразиться на функціонуванні рисових систем у результаті відповідних змін еколого-економічного ресурсу, що потребує розробки адаптивних технічних та режимно-технологічних заходів з управління цими системами через відповідні комплексні наукові галузеві, державні та міждержавні дослідження і програми.

Тому питання підвищення ефективності функціонування Придунайських РЗС слід нероздільно розглядати з оцінкою і прогнозом погодно-кліматичних умов як на сучасному етапі реалізації кліматичної ситуації, так і в умовах можливих змін клімату як у найближчій, так і віддаленій перспективі.

**Бібліографія**

1. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем. Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (розділ 3. Осушувальні системи). – К.: – 2008. – 63 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 1. Украинская ССР. Книга 1. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1990. – 608 с.
3. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України [науково-методичні рекомендації / Дудченко В.В., Грановська Л.М., Рокочинський А.М., Мендусь С.П. та ін.]. – Херсон-Рівне, 2011. – 104 с.
4. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату. Наукова доповідь-інформація / М.І. Ромащенко, О.О. Собко, Д.П. Савчук, М.І. Кульбіда. – К.: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.
5. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) /Н.Ф. Реймерс – М.: Журнал "Россия молодая", 1994. – 367 с.
6. Рис в Україні: [колективна монографія] / за ред. д.т.н., проф., член-кор. НААНУ В.А. Сташука, д.т.н., проф. А.М. Рокочинського, д.е.н., проф. Л.М. Грановської. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 976 с.
7. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія / За редакцією академіка УААН Ромащенко М.І./ – Рівне: НУВГП, 2010. – 351с.

**А.Н. Рокочинский, В.А. Турченко, Н.В. Приходько**

**Учет погодно-климатических условий при оценке эффективности функционирования рисовых оросительных систем**

*Рассмотрена прогнозная оценка формирования погодно-климатических условий зоны рисосеяния Украины в ближайшей и отдаленной перспективе и их влияние на природно-мелиоративные режимы рисовых оросительных систем.*

**A.N. Rokochinsky, V.A. Turchenuk, N.V. Prykhodko**

**Accounting of the weather and climate conditions during the assessments of efficiency of function the rice irrigation systems**

*Considered the predictive estimation of the formation of weather and climate conditions of rice cultivation zone of Ukraine in the short and long term perspective and their impact on the natural land reclamation regimes of rice irrigation systems.*

УДК 633.11: 631.5

## ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ПОСІВІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ НА ПІВДНІ СТЕПУ УКРАЇНИ

О. Л. РОМАНЕНКО, канд. с.-г. наук

С. Р. КОНОВА

С.В. БАЛЬОШЕНКО, канд. с.-г. наук

ЗАПОРІЗЬКА ФІЛІЯ ДУ «ДЕРЖГРУНТОХОРОНА»

Л.В. ДАЦЬКО, канд. с.-г. наук

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Наведені експериментальні дані та результати метеорологічних спостережень Запорізької ДСГДС, яка розташована в зоні південного Степу України. На основі багаторічних досліджень проведено глибокий аналіз і зроблено прогноз щодо накопичення і збереження запасів продуктивної вологи в ґрунті під посівами пшениці м'якої озимої в умовах глобального потепління клімату.*

**Ключові слова:** попередники, строки сівби, запаси продуктивної вологи в ґрунті, потепління, вбирання води ґрунтом, гідротермічний коефіцієнт

**Постановка проблеми.** Запорізька державна сільськогосподарська дослідна станція (з 2011р. – Інститут олійних культур НААН) розташована у посушливій зоні південного Степу України, де волога є головним фактором, що визначає продуктивність сільськогосподарських культур. За даними фахівців у світі відбуваються досить значні зміни клімату, проте їх висновки щодо впливу глобального потепління на продуктивність сільськогосподарських культур дуже різняться. Одні автори вказують на підвищення продуктивності культур унаслідок потепління [1,2], інші, навпаки, на її зменшення [3,4]. У нормативних документах Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) вказано, що середня температура повітря за рік з початку минулого сторіччя в Степу України збільшилась на 0,2–0,3°C. Найбільше підвищення температурних показників відбулося в зимовий (на 1,2–1,3°C) та весняний (на 0,8–0,9°C) періоди. Улітку температура повітря знизилась на 0,2–0,3°C, восени – залишилась без змін.

Глобальні зміни клімату призвели до зміни циркуляції повітряних мас. Маємо ослаблення Гольфстріму майже на 30% за 20 років і, відповідно, зменшення кількості вітрів західної орієнтації і регулярності випадання опадів. У теплий період року випадає менша частина опадів, до того ж із великими інтервалами між дощами. На Запорізькій ДСГДС спостереження за температурним режимом проводять з 1963 р. Протягом 1963–1990 рр. середня річна температура повітря становила 9,6°C, а в період 1991–2012 рр. – 11,0°C. У різні пори року температурні показники за 1991–2012 рр. мали такі значення: взимку – -1,5°C, весною – 11,1°C, влітку – 23,8°C, восени – 10,8°C, щовідповідно на 1,1°C, 1,5; 2,2 і 1,1°C вище, ніж за проміжковчасу з 1963 по 1990рр. Враховуючи поступове зростання температури повітря, у науковців існують припущення, що у зв'язку з глобальним потеплінням південному регіону загрожує процес опустелювання, викликаний, крім термічного фактора, погіршенням режиму вологозабезпечення.

Трансформація гідротермічних умов в Україні, зокрема в південному Степу, де зосереджено

близько 3,0 млн. га озимих зернових культур, призвела до певних змін у фізіологічних механізмах росту та розвитку рослин.

У журналі «Пропозиція» [5] опубліковано статтю І. Т. Нетіса «Чи висохнуть наші Степи?», де припускається в якому напрямку змінюється вологозабезпеченість рослин у посушливих умовах степового регіону. Автор проаналізував багаторічні дані Інституту землеробства південного регіону УААН (Інститут 33 НААН) і метеостанції м. Херсон за останні 42 роки щодо запасів вологи в ґрунті на посівах пшениці озимої. У середньому за 1882–1971 рр. річна кількість опадів склала 347,3 мм, а за 1972–2006 рр. – 452,7 мм, гідротермічний коефіцієнт за березень–червень зріс від 0,7 до 0,9. Кількість опадів осінньо-зимового періоду цілком достатня для накопичення в ґрунті 170–180 мм доступної рослинам вологи на час відновлення весняної вегетації, проте поглинання опадів ґрунтом упродовж осінньо-зимового періоду є дуже низьким – 16–42% від загальної кількості. Такі масштаби втрат вологи створюють небезпеку ведення землеробства, особливо в умовах потепління клімату. Основною причиною втрат великої кількості вологи опадів є те, що під впливом господарської діяльності погіршилися агрофізичні властивості ґрунтів, збільшилась їхня щільність, зменшилась здатність щодо накопичення вологи та проникнення в нижні горизонти [5].

**Мета роботи** – визначення змін основних гідротермічних чинників та водного режиму ґрунту в посівах пшениці озимої за вегетаційні періоди 1972/73–1985/86 і 1990/91–2011/12 рр. на основі проведеного аналізу метеорологічних даних та результатів наукових досліджень, отриманих на Запорізькій ДСГДС.

**Методика проведення досліджень.** Закладку і проведення польових дослідів здійснювали відповідно з методикою польового дослідів Б.А. Доспехова (1985). Польові експерименти проводили на Запорізькій ДСГДС. Під час виконання роботи застосовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: польовий – для визначення фенологічних фаз; кількісно-ваговий – для визна-

чення вологості ґрунту; математичної статистики – для оцінки достовірності одержаних результатів досліджень.

**Результати досліджень.** Порівнюючи попередні вегетаційні періоди (1972/73–1985/86 рр.) та більш сучасні (1990/91–2011/12 рр.) слід зазначити, що кількість опадів за останні два десятиліття зменшилась на 102,3 мм, а саме з 464,9 мм до 362,6 мм (табл.1). Гідротермічний коефіцієнт, розрахований за березень-червень, зменшився з 0,9 до 0,6. У середньому за 35 років спостережень його величина склала 0,74.

Сучасний кліматичний період характеризується не тільки зменшенням кількості опадів, але й суттєвим підвищенням температури повітря. Так, середня річна температура за рік становить 11,0°C, причому у серпні – 23,7°C, вересні – 17,5°C, що відповідно на 1,4°C; 2,8; 1,9°C вище порівняно з 1972/73–1985/86 рр.

Багаторічними дослідженнями встановлено, що в умовах південного Степу України для накопичення достатньої кількості продуктивної вологи в орному шарі ґрунту велике значення мають опади у серпні-вересні. Однак, саме в цей період їх випадає недостатньо і, як правило, вони швидко випаровуються та не можуть забезпечити появу своєчасних сходів озимих культур. За останні 20 років серпень став більш посушливим і жарким. Незважаючи на підвищення температури повітря у вересні (на 1,9°C), величина опадів у цьому місяці залишилась практично без змін.

Таким чином, вегетаційні періоди 1990/91–2011/12 рр. стали більш посушливими: середня кількість опадів зменшилась на 102,3 мм, в тому числі за серпень – на 16,7 мм, за вересень – на 3,5 мм, а річна температура повітря підвищилась на 1,4°C, зокрема, у серпні та вересні температурні показники зросли відповідно на 2,8 і 1,9°C, тобто з одного боку забезпеченість рослин вологою значно погіршилось, але величина теплового ресурсу збільшилась, що має негативний вплив на отримання своєчасних сходів озимих культур, їх розвиток в осінній період. Особливо це стосується посівів озимини після непарових попередників.

Аналіз вологозабезпеченості рослин, проведений в умовах Запорізької ДСГДС протягом 40 років,

показав, що на час сівби пшениці озимої для забезпечення появи дружних і повних сходів в посівному шарі ґрунту (0–10 см) повинно бути не менше 10 мм продуктивної вологи, а гарантоване проростання насіння спостерігається при вологості ґрунту на 1,5–2,0 % більше коефіцієнта в'янення. Такі умови практично щорічно утворюються тільки по чорному пару. Проте, порівнюючи дані 1972/73–1985/86 та 1990/91–2011/12 рр., зміни за рівнем зволоженості верхнього шару ґрунту були достатньо суттєвими (табл. 2). З 1972 по 1985 рр. на час сівби пшениці озимої середні запаси продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту становили 13,4 мм, тобто протягом тринадцяти років кількість вологи була вищою за 10 мм, один рік – меншою за 10 мм, що в цілому забезпечувало вірогідність сходів на рівні 93%.

За останні двадцять років запаси вологи в ґрунті істотно зменшились. Перед сівбою, залежно від строків сівби, середня кількість вологи в посівному шарі склала 7,9–10,2 мм. Запаси вологи більше 10 мм спостерігались упродовж 7–10 років, менше 10 мм – 10–13 років. Якщо дотримуватись вищезначеного групування, то ймовірність появи сходів пшениці озимої по чорному пару за період з 1990 по 2011 рр. виявилася дуже низькою (35–50%).

Однак, спостереження за польовою схожістю насіння показали, що повні сходи було одержано і при запасах вологи в посівному шарі ґрунту менше 10 мм. Вважаємо, що зміна клімату дещо сприяла зміні біологічних властивостей пшениці озимої, зерно якої здатне проростати навіть за нижчих (5,0–9,9 мм) запасів продуктивної вологи. Крім того, важливе значення має селекційний напрямок, спрямований на підбирання батьківських форм (ліній) з більш вираженою ксероморфною структурою, з підвищеним рівнем адаптації до посушливих умов степової зони та витривалістю до абіотичних стрес-факторів.

За результатами проведених досліджень запаси продуктивної вологи у посівному шарі ґрунту були розділені на три умовні групи: 10 мм і більше, 5,0–9,9 мм, менше 5 мм (табл. 3). Така схема реально відобразила ситуацію в польових умовах відносно отриманих сходів. За останні двадцять років вірогідність появи сходів пшениці озимої по чорному пару при сівбі 5, 15, 25 вересня і 5 жовтня становила 70%, 90, 90 і 85% відповідно. У порівнянні з пері-

**1. Основні гідротермічні показники за час проведення досліджень з пшеницею озимою**

Веgetаційний рік*	Кількість років	Кількість опадів, мм			Середньодобова температура повітря, °C			ГТК <sub>ш-в</sub>
		за період (вересень–серпень)	серпень	вересень	за період (вересень–серпень)	серпень	вересень	
1972/73–1985/86	14	464,9	41,8	32,1	9,6	20,9	15,6	0,9
1990/91–2011/12	20	362,6	25,1	28,6	11,0	23,7	17,5	0,6
Різниця	–	-102,3	-16,7	-3,5	+1,4	+2,8	+1,9	-0,3

Примітка. \* – за 1993/94 (низькі температури) та 2002/03 рр. (льодова кірка) дані відсутні, посіви загинули.

## 2. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–10 см на час сівби пшениці озимої по чорному пару, мм

Рік	Строк сівби	Середнє, мм	10 мм і більше			менше 10 мм			Вірогідність сходів, %
			кількість років	середнє	варіювання	кількість років	середнє	варіювання	
1972–1985	15.09	13,4	13	14,3	10,4–18,6	1	1,7	1,7	93
1990–2011	5.09	7,9	8	13,2	10,2–18,6	12	4,3	0–9,7	40
	15.09	8,8	7	13,0	10,6–17,3	13	6,6	0,8–9,7	35
	25.09	10,2	10	13,6	10,2–19,4	10	6,8	0–9,7	50
	5.10	10,2	9	15,2	11,4–19,4	11	6,2	3,4–8,5	45

## 3. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–10 см на час сівби пшениці озимої по чорному пару, мм, 1990–2011 рр.\*

Запаси вологи	Показник**	Строк сівби			
		5 вересня	15 вересня	25 вересня	5 жовтня
10 мм і більше	1	8	7	10	9
	2	13,2	13,0	13,6	15,2
	3	10,2–18,6	10,6–17,3	10,2–19,4	11,4–19,4
5,0–9,9 мм	1	6	11	8	8
	2	7,4	7,3	8,5	7,1
	3	5,0–9,7	5,9–9,7	6,8–9,7	5,9–8,5
менше 5,0 мм	1	6	2	2	3
	2	1,3	2,6	0	3,7
	3	0–4,6	0,8–4,5	0	3,4–4,2
середнє за 20 років	–	7,9	8,8	10,2	10,2
вірогідність сходів, %	–	70	90	90	85

Примітки: 1. \* – за 1994 р. (вимерзання посівів) та 2003 р. (льодова кірка) дані відсутні. 2. \*\* – 1 – кількість років; 2 – середні значення; 3 – варіювання.

одом 1972–1985 рр. вірогідність одержання сходів в останні роки знизилась з 93% до 90%. Найбільші значення даного показника мали посіви пшениці озимої від 25 вересня (90%), які формували максимальну врожайність, а також від 15 вересня (90%).

Проведені дослідження свідчать, що в південно-му Степу основна кількість вологи в посівах озимих культур накопичувалася протягом осінньо-зимового періоду, особливо після непарових попередників. Найбільші запаси продуктивної вологи в ґрунті щорічно спостерігалися на час відновлення весняної вегетації. У метровому шарі ґрунту вони становили: по чорному пару (двадцятирічні дані) – 152,8 мм, після гороху (шестирічні) – 141,3 мм, після кукурудзи на силос (п'ятирічні) – 130,2 мм (табл. 4).

Саме запаси вологи у весняний період в посушливих умовах степової зони мали вирішальне значення для росту та розвитку пшениці озимої, протидії посухам, формування елементів структури врожаю. За осінньо-зимовий період випало 132,0–143,8 мм опадів, яких на полях по чорному пару було достатньо для накопичення в метровому шарі

ґрунту 165–175 мм доступної рослинам вологи та 140–150 мм – після непарових попередників. Проте, в ґрунті залишалася порівняно незначна кількість вологи опадів, а саме: в посівах пшениці озимої по чорному пару – 38,9 мм (27%), після гороху – 52,9 мм (39%), після кукурудзи на силос – 67,3 мм (51%), тобто ґрунт мав змогу увібрати лише 27–51% від загальної кількості опадів. Найменше вологи опадів було засвоєно посівами пшениці, яка вирощувалася по чорному пару, що пояснюється більш високими першопочатковими запасами продуктивної вологи в ґрунті після даного попередника.

Аналогічні втрати вологи опадів зафіксовано на Запорізькій ДСГДС протягом 70–80-х рр. минулого сторіччя, де в двометровому шарі ґрунту за осінньо-зимовий період посівами пшениці озимої, залежно від попередників, засвоювалось 21–59% опадів [5].

Поступова зміна клімату призвела до більш економічної витрати рослинами води за вегетаційний період. Так, за останні двадцять років озима пшениця сорту Альбатрос одеський по чорному пару при сівбі 15 вересня мала коефіцієнт водоспоживання



## 4. Поглинання води ґрунтом з опадів, що випали за період зимівлі пшениці озимої\*

Попередник	Вегетаційний рік	Кількість років	Запаси продуктивної вологи (мм) в шарі ґрунту 0–100 см на час		Кількість опадів за період припинення–відновлення вегетації, мм	Вбирання води опадів ґрунтом за період припинення–відновлення вегетації	
			припинення вегетації	відновлення вегетації		мм	%
Чорний пар	1987/88–2011/12 (без 1993/94, 2002/03)	23	113,9	152,8	143,8	38,9	27
Горох	1990/91–1997/98 (без 1993/94, 1994/95)	6	88,4	141,3	137,0	52,9	39
Кукурудза МВС	1990/91–1996/97 (без 1993/94, 1994/95)	5	62,9	130,2	132,0	67,3	51

Примітка. \* – строк сівби пшениці озимої 15 вересня

483 м<sup>3</sup>/т. Втрати вологи опадів становили 104,9 мм (1049 м<sup>3</sup>). Такої кількості води було б достатньо щоб виростити додатково, як мінімум, 1,0–1,5 тонни зерна пшениці озимої. Неможливість більш повної реалізації потенціалу озимини полягала в тому, що, з одного боку, під посівами пшениці озимої по чорному пару на час відновлення весняної вегетації насиченість вологою метрового шару ґрунту становила 83% від найменшої вологоємності (НВ), після непарових попередників – 75% НВ, а з іншого – спостерігався низький рівень вбирання води ґрунтом з опадів. Тому максимально повне акумулювання осінньо-зимових опадів є одним із найбільших резервів поліпшення забезпеченості посівів пшениці водою [5].

Порівнюючи дані щодо кількості опадів Запорізької ДСГДС та Інституту зрошуваного землеробства НААН суттєвої різниці не спостерігається, хоча і є певні відмінності. Так, у Херсонській області за останні 40 років річна кількість опадів значно збільшилась, але підвищення запасів вологи в ґрунті до настання весни та упродовж весняно-літньої вегетації в посівах пшениці озимої не відбулося. На Запоріжжі ситуація з вологозапасами посівів пшениці виявилася дещо гіршою, оскільки середня кількість опадів за вегетаційний період протягом 1990/91–2011/12 рр. зменшилась на 102,3 мм порівняно з попереднім проміжком часу 1972/73–1985/86 рр., і, разом з тим, в першу чергу, за відсутності органічних добрив, відбулися зміни структурних показників та фізичних властивостей ґрунту, що, як наслідок, негативно позначилося на його водоутримуючій здатності.

**Висновки.** Аналіз багаторічного наукового матеріалу Запорізької ДСГДС та порівняння отриманих результатів досліджень за різними хронологічними періодами засвідчили, що клімат південного Степу впродовж останнього двадцятиріччя став більш посушливим. Зафіксовано підвищення річної температури повітря на 1,4°C, зменшення кількості опадів на 102,3 мм, погіршення запасів вологи в посівному

шарі ґрунту та зниження ГТК<sub>III-VI</sub> до 0,6. Крім того, залишається також низьким рівень вбирання ґрунтом вологи з атмосферних опадів протягом осінньо-зимового періоду (27–51%).

**Бібліографія**

1. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку із змінами клімату / М. І. Ромащенко, О. О. Собко, Д. П. Савчук, М. І. Кульбіда. – К. : ІГІМ УААН. – 2003. – 96 с.
2. Кульбіда М. І. Оцінка фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці за різноманітними сценаріями змін клімату в Україні / М. І. Кульбіда // *Хранение и переработка зерна*. – 2002. – №4. – С.18–23.
3. Особливості формування посух в Україні та засоби боротьби з ними / П. І. Коваленко, Л. А. Філіпенко, О. І. Жовтоног [та ін.] // *Вісник аграрної науки*. – 2002. – №12. – С.49–54.
4. Савчук Д. П. Посухи та посухозахисні заходи в Україні / Д. П. Савчук // *Вісник аграрної науки*. – 2009. – №9. – С.64–67.
5. Нетіс І. Чи висохнуть наші Степи? / І. Нетіс // *Пропозиція*. – 2009. – №8. – С. 62–64.

**А.Л. Романенко, С.Р. Конова, Л.В. Дацько, С.В. Балешенко**

**Влагообеспеченность посевов озимой пшеницы в условиях глобального потепления на юге Степи Украины**

*Приведены экспериментальные данные и результаты метеорологических наблюдений Запорожской ГСХОС, которая расположена в зоне южной Степи Украины. На основе многолетних исследований проведен глубокий анализ и сделан прогноз относительно накопления и сохранения запасов продуктивной влаги в почве под посевами пшеницы мягкой озимой в условиях глобального потепления климата.*

**O.L. Romanenko, S.R. Konova, L.V. Datsko, S.V. Balyoshenko**

**Water supply for winter wheat crops under the condition of global warming in the Southern Steppe of Ukraine**

*It is given the experimental data and results of meteorological observations at ZaporizhzhyaSARS, which is located in the southern steppe zone of Ukraine. Based on years of research it was carried out a deep analysis and the forecast was made with respect to the accumulation and preservation of productive moisture in the soil under soft winter wheat in the conditions of global climate warming.*

УДК 631.674.6:633.63

## ПАРАМЕТРИ РЕЖИМІВ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ У ЗОНІ СТЕПУ УКРАЇНИ

**А.П. ШАТКОВСЬКИЙ\***, канд. с.-г. наук  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Наведено результати впливу густоти рослин, гібридного складу та строків збирання коренеплодів буряку цукрового на параметри водного режиму та продуктивність рослин в умовах краплинного зрошення Степу України. Встановлено, що кращим строком збирання гібридів є 21 жовтня за густоти посіву насіння 111 тис.шт./га. Це забезпечує мінімальний коефіцієнт водоспоживання (62,9 м<sup>3</sup>/т) та найвищу врожайність на рівні 107,3-110,7 т/га за вмісту цукру у коренеплодах 17,3-18,2 %.*

**Ключові слова:** краплинне зрошення, водоспоживання, буряк цукровий, гібриди, врожайність, цукристість

**Вступ.** В Україні вирощуванням цукрових буряків на зрошенні займається обмежена кількість суб'єктів господарювання на загальній площі до 4 тис.га [1]. Поряд з цим, як показують дослідження, проведені у Білоцерківському аграрному університеті (Карпук Л.В. [2]), на сьогодні навіть у зоні нестійкого зволоження (Лісостеп) лімітуючим чинником продуктивності рослин буряку є вологозабезпечення. Відчутно загострюють це питання зміни клімату, зокрема зростання середньорічної температури повітря на +2<sup>0</sup>С, що, у свою чергу, зумовило збільшення території з дефіцитом природного вологозабезпечення на 10,3 % [3, 4]. На сьогодні існує багато заходів, які направлені на мінімізацію негативного впливу посух, проте найефективнішим є зрошення. Серед інших відомих способів поливу (поверхневий, дощування) найбільш ефективним, з точки зору питомих витрат на формування одиниці врожаю, є краплинне зрошення.

Перші дослідження в колишньому СРСР з питань розробки технології поверхневого краплинного зрошення буряку цукрового було проведено в Одеській області Морозом П.А. (керівник – Ізюмов В.В., УкрНДІГІМ) у 1975-1978 рр. [6]. В останні роки різним аспектам вирощування буряку цукрового в умовах краплинного зрошення присвячено праці Гізбулліна Н.Г., Бутова В.М., Опанасенка Г.П., Писаренка П.В., Пілярського В.Г. та ін. [6-9]. Поряд з цим, для умов краплинного зрошення не в повній мірі досліджено вплив густоти рослин, гібридного складу та строків збирання коренеплодів на параметри водного режиму та продуктивність рослин, що і обумовило проведення відповідних досліджень.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили у 2013-2015 рр. на землях ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН, яке розташоване у зоні недостатнього зволоження (підзоні Степу Сухого). Ґрунт – темно-каштановий легкосуглинковий, ступінь забезпеченості 0-50-сантиметрового шару Ґрунту валовим азотом (0,05-0,08 %) (ДСТУ 4726) і рухомим калієм (7,3-14,3 мг/100 г) (ДСТУ 4114) низький, за вмістом рухомого фосфору (4,7-8,5 мг/100 г) (ДСТУ 4114) – високий. Вміст гумусу – 0,82-1,22 %

(ДСТУ 4289, слабогумусний). Польовий трифакторний дослід передбачав вивчення 3-х гібридів компанії «KWS SAAT AG»: Светлана КВС<sup>Rz</sup> тип NZ, Кармеліта<sup>Rz(Cr)</sup> тип Z(Z) та Дарія КВС<sup>Rz(Cr)</sup> тип N (фактор А), 2 варіанти густоти рослин при посіві: 45+45 x 25 см (89 тис./га) і 45+45 x 20 см (111 тис./га) (фактор В) на фоні 2-х строків збирання: 20 вересня та 21 жовтня (фактор С). Попередник – пшениця озима. Розміщення дослідних ділянок – систематичне, повторність – чотириразова. Площа посівної ділянки – 30 м<sup>2</sup>, облікової – 20 м<sup>2</sup> [10]. Передполивна вологість, яку підтримували на зрошуваних варіантах, – 80-70 % від НВ Ґрунту (I та II половини вегетаційного періоду відповідно). Метод призначення строків поливів – тензіометричний (ДСТУ ISO 11276-2001) із використанням інтернет-станції вологості Ґрунту iMetos, обладнаної сенсорами Watermark 200SS, поливи закінчували 20-25 серпня. За вологозабезпеченням вегетаційні періоди 2013-2014 рр. були посушливими (152 та 196 мм опадів), 2015 р. – вологий (376 мм), проте опади випали вкрай нерівномірно. Аналітичну частину роботи виконали на базі Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК, вміст цукрів визначали методом гарячої дигестії.

**Результати досліджень.** Враховуючи різну вологозабезпеченість років досліджень, у досліді проведено від 24 до 33 вегетаційних поливів зрошувальною нормою 3,52-4,84 тис.м<sup>3</sup>/га. Режим краплинного зрошення буряку обумовлювався величиною добового сумарного випаровування, яка, у свою чергу, залежала від фази розвитку рослин та метеоумов (рисунок 1).

Так, на початку вегетації (квітень-травень) середньодобове випаровування посівів буряку було мінімальним і становило 7,5-33,9 м<sup>3</sup>/га. Пікових значень воно набувало у фазу пожовтіння нижнього листка у рослин, календарно це відповідало III декаді липня – I декаді серпня і становило 75-85 м<sup>3</sup>/га. З II-III декади серпня на всіх варіантах досліді середньодобове випаровування рослин поступово знижувалося. Перед збиранням коренеплодів середньодобове випаровування різко знижувалося – до 5,5-24,2 м<sup>3</sup>/га.

\*Науковий консультант – д.т.н., академік НААН Ромащенко М.І.

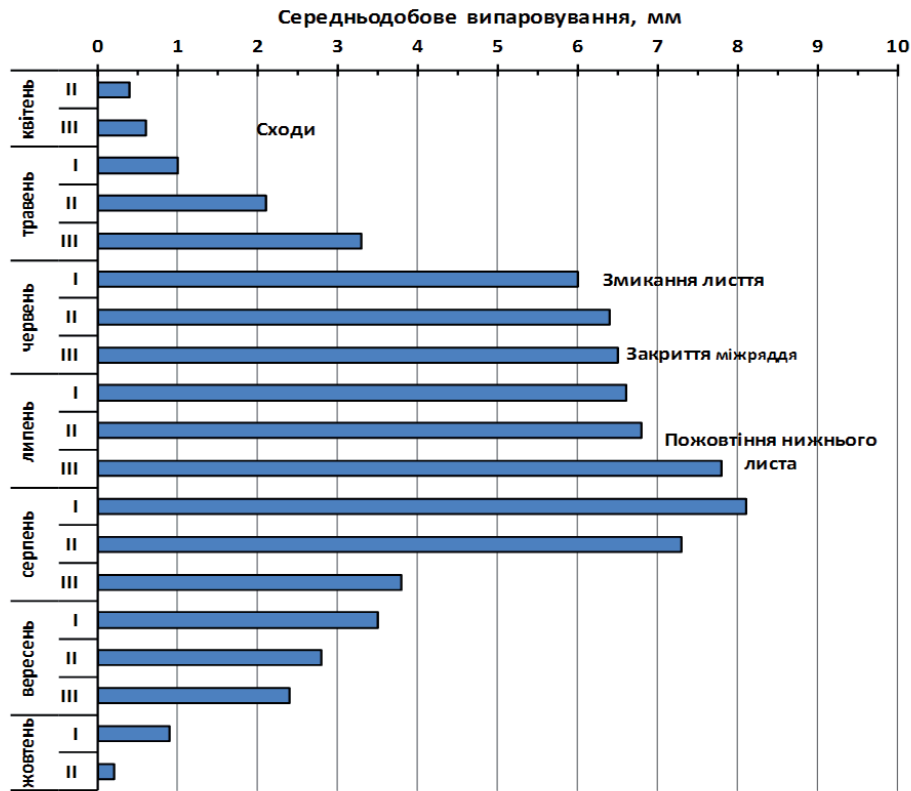


Рис. 1. Середньодобове випаровування вологи посівами буряку цукрового за краплинного зрошення (середні параметри у розрізі гібридів та фактора «густота рослин»)

Сумарне водоспоживання за вегетаційний період формувалося за рахунок поливів, продуктивних опадів та ґрунтової вологи і становило залежно від строку збирання 6,71-6,96 тис.м<sup>3</sup>/га (таблиця 1).

Встановлено, що найбільшу частку у формуванні водоспоживання рослин буряку займає зрошення – 61,1-63,4 %, меншу – продуктивні опади – 32,8-38,3 % та найменшу – ґрунтова волога – 0,6-3,8 %. Фактори А і В (гібриди і густота рослин) не мали достовірного впливу на формування показників сумарного водоспоживання.

За даними сумарного водоспоживання та врожайності розраховано коефіцієнти водоспоживання – питомі витрати вологи на формування 1 тонни коренеплодів залежно від досліджуваних факторів (таблиця 2). Найбільш раціонально волога використовувалась рослинами гібриду Светлана КВС за густоти 111 тис./га і збирання 21 жовтня (КВ=62,9 м<sup>3</sup>/т).

Встановлено, що середня врожайність за першого строку збирання становила 90,9 т/га, а за

другого збільшилась на 15,0 т/га (НІР<sub>05</sub>=5,6 т/га). Збільшення густоти рослин з 89 до 111 тис./га підвищує врожайність буряку цукрового на 6,0 т/га (+6,3 %) (НІР<sub>05</sub>=2,9 т/га). У середньому за дослідом врожайність гібридів становила 96,6-99,6 т/га, а різниця між врожайністю гібридів знаходилась у межах похибки дослідів (НІР<sub>05</sub>=3,2 т/га) (таблиця 3).

За протоколом випробувань коренеплодів на цукристість встановлено, що вона залежить від строку збирання і практично не залежить від густоти рослин та гібриду. Так, при збиранні 20 вересня середня цукристість становила 15,4 %, а за другого строку збирання вона збільшилась на 1,7 %. Залежно від густоти рослин та гібриду цукристість відповідно знаходилась у межах 16,0-16,5 % та 15,9-16,7 % відповідно (таблиця 4).

Валовий вихід цукру з 1 га у розрізі гібридів становив (варіант 111 тис./га, збирання – 21.10): Дарія КВС – 19,3 т/га, Светлана КВС – 20,2 т/га та Кармеліта КВС – 18,8 т/га.

### 1. Розрахунок сумарного водоспоживання буряку цукрового залежно від строку збирання

Варіант дослідів	Кількість поливів	Зрошувальна норма		Опади		Запаси ґрунтової вологи				Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га
		м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	поч., м <sup>3</sup> /га	кін., м <sup>3</sup> /га	баланс		
								м <sup>3</sup> /га	%	
20 вересня	29	4255	63,4	2199	32,8	1152	898	254	3,8	6708
21 жовтня			61,1	2663	38,3			1110	42	0,6

**2. Коефіцієнти водоспоживання буряку цукрового залежно від строку збирання, густоти рослин та гібриду, м<sup>3</sup>/т**

Строк (фактор С)	Густота (фактор В)	Гібрид (фактор А)			С	В
		Дарія	Світлана	Кармеліта		
20 вересня	89	78,9	74,6	75,2	74,0	72,0
	111	74,6	71,0	69,4		67,8
21 жовтня	89	66,9	67,6	68,8	65,8	72,0
	111	64,9	62,9	63,9		67,8
А		71,3	69,0	69,3	71,7	

**3. Урожайність коренеплодів буряку цукрового залежно від строку збирання, густоти рослин та гібриду, т/га**

Строк (Фактор С)	Густота (Фактор В)	Гібрид (Фактор А)			С	В
		Дарія	Світлана	Кармеліта	НІР <sub>05</sub> =5,6	НІР <sub>05</sub> =2,9
20 вересня	89	85,0	89,9	89,2	90,9	95,4
	111	89,9	94,7	96,7		101,4
21 жовтня	89	104,1	103,0	101,2	105,9	95,4
	111	107,3	110,7	108,9		101,4
А – НІР <sub>05</sub> =3,2		96,6	99,6	99,0	98,4	

**4. Цукристість коренеплодів залежно від строку збирання, густоти та гібриду**

Строк (Фактор С)	Густота (Фактор В)	Гібрид (Фактор А)			С	В
		Дарія	Світлана	Кармеліта		
20 вересня	89	15,4	14,6	17,0	15,4	16,0
	111	15,0	15,3	15,3		16,5
21 жовтня	89	16,4	15,5	17,1	17,1	16,0
	111	18,0	18,2	17,3		16,5
А		16,2	15,9	16,7	16,3	

**Висновки.** Режим краплинного зрошення 80-70 % від НВ в умовах Степу Сухого забезпечується проведенням 24-33 поливів зрошувальною нормою 3,52-4,84 тис.м<sup>3</sup>/га. За цього максимальне добове водоспоживання становить 75-85 м<sup>3</sup>/га, а сумарне водоспоживання за вегетацію – 6,71-6,96 тис.м<sup>3</sup>/га. Вирощування високопродуктивних гібридів буряку цукрового на краплинному зрошенні забезпечує отримання врожайності на рівні 96,6-99,6 т/га за цукристості коренеплодів 15,9-16,7 %. Цих параметрів досягнуто за густоти посіву 111 тис. рослин/га і більш пізнього строку збирання – 21 жовтня.

**Бібліографія**

1. Шатковський А.П. Состояние и перспективы орошения свеклы сахарной в Украине / А.П. Шатковський, И.Н. Свидинок // *Зерно*. – 2016. – № 2. – С. 54-56.
2. Карпук Л.М. Біологічні та технологічні основи інтенсифікації виробництва буряків цукрових у Правобережному Лісостепу України: автореферат дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук: спец. 06.01.09 – рослинництво / Л.М. Карпук. – К.: 2015. – 44 с.
3. Актуальні питання розвитку зрошення у контексті змін клімату / М.І. Ромащенко, Д.П. Савчук, А.М. Шевченко, А.П. Шатковський // *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»* – К.: ВД «ЕКМО», 2008. – Спецвипуск. – С. 21-27.
4. Сайдак Р.В. Оцінка забезпеченості України гідротермічними ресурсами в аспекті сучасних кліматичних змін / Р.В. Сайдак // *Зерно і хліб*. – 2015. – № 4. – С. 50-53.
5. Мороз П.А. Исследование капельного орошения полевых культур на юге Украины: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.02 «Мелиорация и орошаемое земледелие» / П.А. Мороз. – К.: 1981. – 22 с.
6. Краплинному зрошенню в буряківництві наука говорить «Так!» / Н.Г. Гізбуллін, Л.С. Андреева, В.А. Доронін, І.А. Моргун // *Цукрові буряки*. – 2014. – № 6 (102). – С. 6-8.
7. Бутов В.М. Вплив мінеральних добрив та способів їх внесення на продуктивність цукрових буряків в умовах краплинного зрошення / В.М. Бутов, Н.І. Коцюрубенко, В.М. Оглобліна // *Наукові праці ІБКіЦБ: зб. наук. праць*. – К.: 2013. – Вип. 19. – С. 15-19.
8. Опанасенко Г.П. Продуктивність свекловичних посевів при капельноморошенні / Г.П. Опанасенко // *Сахарная свекла*. – 2011. – № 4. – С. 20-22.
9. Писаренко П.В. Продуктивність рослин буряку цукрового залежно від гібридного складу в умовах зрошення Півдня України / П.В. Писаренко, В.Г. Пілярський // *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник* – Херсон: Грінь Д.С., 2012. – Вип. 57. – С. 31-35.
10. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / *Науково-методичне видання за редакцією Р.А. Вожегової* – ІЗЗ НААН, Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 286 с.

**А.П. Шатковський****Параметры режимов капельного орошения и производительность сахарной свеклы в зоне степи Украины**

Приведены результаты влияния густоты растений, гибридного состава и сроков уборки корнеплодов на параметры водного режима и продуктивность растений в условиях капельного орошения Степи Украины. Установлено, что лучшим сроком уборки гибридов является 21 октября при густоте посева семян 111 тыс. шт./га. Это обеспечивает минимальный коэффициент водопотребления (62,9 м<sup>3</sup>/т) и высшую урожайность на уровне 107,3-110,7 т/га при содержании сахаров в корнеплодах 17,3-18,2 %.

**A.P. Shatkovsky****Characteristics of drip irrigation regimes and productivity of sugar beet in the steppe zone of Ukraine**

It is presented in the article the results of their influence of plant's density, hybrid content and terms of root crops harvesting on the parameters of the water regime and productivity of plants under drip irrigation in the Steppe of Ukraine. Determined that the best available term for harvesting of hybrids is 21 October under the seeding density equals to 111 thous and items/ha. This ensures minimal water consumption rate (62,9 m<sup>3</sup>/t) and highest productivity at level of 107,3-110,7 t / ha with sugar content in roots 15,5-16,8 %.

УДК 631,6; 626.8

## ПІДВИЩЕННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ ГУМІДНОЇ ЗОНИ

**М.В. ЯЦИК**, канд. техн. наук;  
**Г.В. ВОРОПАЙ**, канд. техн. наук;  
**Н.Б. МОЛЕЩА**, канд. техн. наук

*ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН*

*Наведено методику та результати досліджень параметрів регулювання водного режиму та апробації технологічних рішень щодо підвищення водозабезпеченості пілотних об'єктів. Досягнуто підвищення врожайності багаторічних трав (понад 30%) завдяки додатковому зволоженню осушуваних ґрунтів з акумуляційної ємкості, наповненої за рахунок поверхневого та дренажного стоку.*

**Ключові слова:** меліоративна система, осушувані ґрунти, водооборотна осушувально-зволожувальна система, водоакумулююча ємкість

**Проблема та її актуальність.** Зміни клімату, які спостерігаються в останні два десятиліття, супроводжуються нестабільністю забезпечення водою меліорованих територій, що зумовлює необхідність корегування водорегулювання, розробки адаптивних заходів та оптимізації конструктивно-технологічних характеристик меліоративних систем гумідної зони [1,2].

У цих умовах ефективно управління водним режимом осушуваних ґрунтів можливе лише за умови підвищення водозабезпеченості меліоративних систем.

На сьогодні відсутні технічні рішення, які б дозволяли створювати гарантовані об'єми води для проведення зволожувальних заходів впродовж вегетаційного періоду [3]. Тому в основу наукових досліджень покладено робочу гіпотезу про можливість підвищення водозабезпеченості меліоративних систем шляхом створення акумулюючих ємкостей для накопичення дренажно-скидних вод, часткового акумулювання поверхневих вод та їх повторного використання у посушливі періоди.

**Метою досліджень** є підвищення водозабезпеченості меліоративних систем гумідної зони шляхом створення акумулюючих ємкостей для накопичення резервних об'ємів води за рахунок поверхневого та дренажного стоку.

Алгоритм розрахунку параметрів водоакумулюючих ємкостей розроблено з врахуванням забезпеченості атмосферними опадами та особливостей природно-кліматичних умов гумідної зони.

Принципові схеми водооборотних систем базуються на врахуванні сучасних вимог землекористувачів, створенні водооборотних систем з водоакумулюючими ємкостями та каскадом водоакумулюючих ємкостей з використанням дренажного та поверхневого стоку, а також додатковим забором води з існуючих водосховищ в повеневі та паводкові періоди за умови мінімізації забруднення річок-водоприймачів.

Натурні дослідження на пілотних об'єктах щодо водозабезпеченості їх території, параметрів регулювання водного режиму та апробації технологічних рішень щодо підвищення водозабезпеченості проведено на осушуваних землях Сульського опорного

пункту, який знаходиться на території Роменського району Сумської області.

**Методика досліджень.** Дослідження, які проведено впродовж вегетаційного періоду 2015 р., включають визначення безпосередньо на пілотних об'єктах динаміки метеорологічних факторів (температури повітря, атмосферних опадів), вологості ґрунту в зоні аерації, рівня ґрунтових вод (РГВ), дренажного стоку, рівня і об'єму води в акумулюючій ємкості, біометричних характеристик вирощуваних сільськогосподарських культур.

Вимірювання поточного РГВ проведено один раз на декаду, а в післядошові періоди передбачено додаткові виміри, кількість та частота котрих залежить від інтенсивності дощів. Як правило, кількість таких додаткових вимірів не перевищує двох разів за вегетаційний період. З аналогічною частотою визначено вологість у кореновому шарі ґрунту, при цьому використовується термостатно-ваговий метод.

**Результати досліджень.** Пілотними об'єктами для проведення досліджень є дві ділянки площею 14,1 та 8,2 га та контрольна ділянка площею 10,2 га. Вирощувана культура на обох ділянках у 2015 р. – багаторічні трави.

Меліоративна система включає русловий шлюз, акумулюючу ємкість, відкриту та закриту мережу. Наповнення акумулюючої ємкості здійснюється шляхом збору дренажно-скидних вод та самопливом з магістрального каналу (р. Ромен). Подача води на зволоження з ємкості на обидві пілотні ділянки проводиться також самопливом (рис. 1).

Веgetаційний період 2015 р. по забезпеченості опадами відноситься до середнього за кількістю опадів року (57 %). За вегетаційний період (травень-вересень) сума опадів складає 303,8 мм, які розподілені дуже нерівномірно. Найбільша кількість опадів припадає на травень (108,2 мм) та червень (83,1 мм), що становить 36 % та 27 % від загальної їх суми за вегетаційний період. Найменша кількість опадів відмічається у серпні (1,8 мм), що становить 0,6 % від загальної суми за вегетаційний період (рис. 2 г).

У порівнянні з середніми багаторічними значеннями метеорологічних факторів 2015 р. відмічається такими особливостями: у квітні, серпні та, особливо, у вересні середня місячна температура була ви-



**Рис. 1. Акумуляюча ємкість  
(меліоративна система Сульського опорного пункту)**

щою за її середнє багаторічне значення, а травень та червень були дещо прохолоднішими. Щодо кількості опадів, то травень та червень характеризуються значно більшою їх кількістю, а у серпні випало дощів значно менше в порівнянні з їх середніми багаторічними величинами.

Аналізуючи погодні умови вегетаційного періоду, можна відмітити нерівномірний розподіл опадів як по місяцях, так і по декадах, наявність тривалих бездощових періодів з екстремальними значеннями температури повітря.

У період проведення досліджень на двох пілотних ділянках при вирощуванні багаторічних трав першого та другого укосів фактичний РГВ знаходився в середньому в межах 0,5 – 0,7 м і не виходив за межі оптимального, що зумовило формування оптимальної вологості (75 – 80 % від ПВ) та, відповідно, і вологозапасів в шарі ґрунту 0 – 0,5 м (рис. 2 а,б).

Для підтримання оптимального РГВ та вологості ґрунту на пілотних ділянках проведено зволоження, об'єм якого становить: у квітні – 4,95; травні – 2,2; червні – 3,3; липні – 6,6; серпні – 2,2 тис. м<sup>3</sup>.

На контрольній ділянці, де додаткове зволоження не проводилось, у період вирощування трав першого укосу підтримання оптимального РГВ та, відповідно і вологості ґрунту, було можливим тільки до середини травня. У подальшому, при вирощуванні трав другого укосу РГВ знаходився нижче допустимих меж (рис. 2 в). Відповідно, в цей же період у кореновому шарі ґрунту не було забезпечено і оптимальну вологість.

Це суттєво вплинуло на урожайність багаторічних трав. Урожайність на обліковій ділянці площею 100 м<sup>2</sup> для трав 1 укосу становила в середньому 450, 2 укосу – 250, а на контрольній ділянці без додаткового зволоження для 1 укосу – 300, 2 укосу – 170 ц/га.

У середньому врожайність на контрольній ділянці (без зволоження) була меншою більш ніж на 30 % в порівнянні з пілотними ділянками.

За результатами вимірювань дренажного стоку на двох пілотних ділянках проведено розрахунок потенційного об'єму акумулювання води в ємкості (табл. 3).

Акумулювання води за рахунок дренажного стоку відбувалося, в основному, у весняний період,

коли середнє значення модуля дренажного стоку становило 0,41 л/с (березень) та 0,43 л/с (травень). Можливість для акумулювання дренажного стоку була ще у червні (модуль дренажного стоку – 0,29 л/с).

У середньому за вегетаційний період поточного року модуль дренажного стоку становив 0,22 л/с, що дозволяє акумулювати в середньому 575 м<sup>3</sup>/місяць.

Упродовж вегетаційного періоду здійснювався контроль за рівнем та об'ємом води в акумулюючій ємкості. Динаміка об'єму води в акумулюючій ємкості впродовж вегетаційного періоду представлена на рис. 3.

Наповнення ємкості за рахунок дренажного стоку проводилося ще у середині травня та в кінці червня. Об'єми наповнення ємкості становили відповідно 2,2 та 1,1 тис. м<sup>3</sup>.

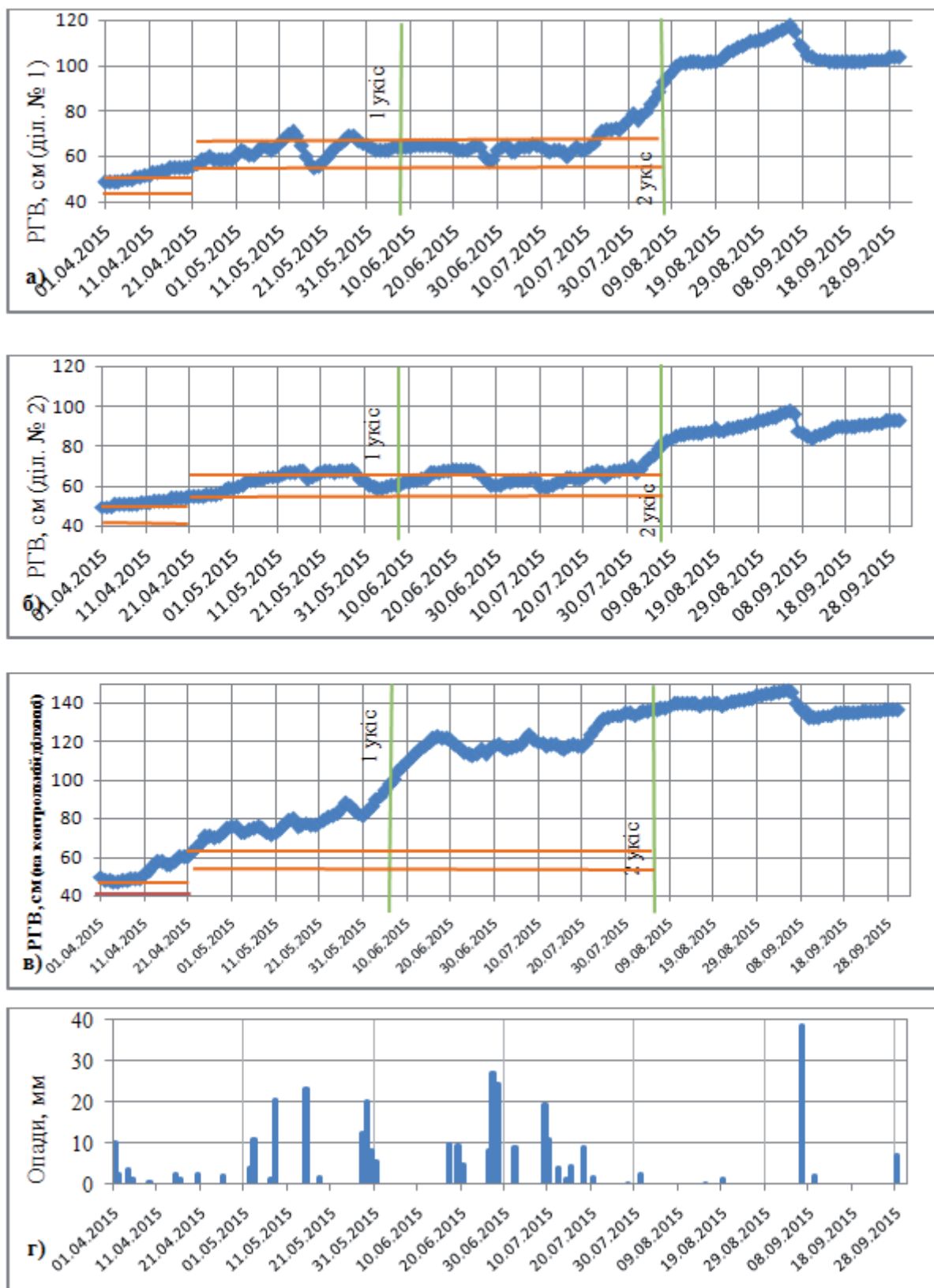
У табл. 4 наведено розрахунки об'ємів води, поданих на зволоження осушуваних ґрунтів пілотних ділянок, наповнення акумулюючої ємкості та потенційного об'єму акумулювання дренажного стоку впродовж вегетаційного періоду.

Із можливого потенційного об'єму акумулювання дренажного стоку для наповнення акумулюючої ємкості використано 3,3 тис. м<sup>3</sup>, що пояснюється технічними та технологічними обмеженнями існуючої осушувально-зволожувальної мережі.

Потенційний об'єм акумулювання дренажного стоку з площі 14,9 га становить 46,3 тис. м<sup>3</sup>, що є достатнім для зволоження території пілотних ділянок, оскільки фактичний об'єм води, поданий на зволоження, становить 21,45 тис.м<sup>3</sup>. При вирощуванні трав першого укосу об'єм води, поданий на зволоження, становить 9,35 тис.м<sup>3</sup>, при цьому можливий об'єм акумулювання дренажного стоку – 21,93 тис.м<sup>3</sup>, а при вирощуванні трав другого укосу об'єм води, поданий на зволоження, – 9,9 тис.м<sup>3</sup> та можливий об'єм акумулювання дренажного стоку – 20,87 тис.м<sup>3</sup>.

Отже, в умовах середнього за забезпеченістю опадами року при вирощуванні багаторічних трав за рахунок акумулювання дренажного стоку можливо повністю компенсувати витрати води на проведення зволожувальних заходів.





**Рис. 2. Динаміка рівня ґрунтових вод:**

а) – ділянка № 1, б) – ділянка № 2, в) – контрольна ділянка; та г) – опади, мм; вегетаційний період 2015 р.

### 3. Дренажний стік та потенційний об'єм акумулювання води в акумулюючій ємкості у вегетаційний період 2015 р.

Дата	Дренажний стік				Опади (за місяць), мм
	л/с з 1га	м <sup>3</sup> /добу з 1га	м <sup>3</sup> /місяць з 1га	м <sup>3</sup> /місяць, з 14,9 га	
04.03.15	0,47	40,61			78,7
08.03.15	0,38	32,83			
14.03.15	0,35	30,24			
22.03.15	0,25	21,60			
26.03.15	0,15	12,96			
31.03.15	0,88	76,03			
<b>Середнє за березень</b>	<b>0,41</b>	<b>35,42</b>	<b>1098,0</b>	<b>16360</b>	25,7
06.04.15	0,19	16,42			
23.04.15	0,10	8,64			
30.04.15	0,08	6,91			
<b>Середнє за квітень</b>	<b>0,12</b>	<b>10,37</b>	<b>311,1</b>	<b>4635</b>	108,2
05.05.15	0,47	40,61			
13.05.15	0,38	32,83			
18.05.15	0,35	30,24			
25.05.15	0,51	44,06			
<b>Середнє за травень</b>	<b>0,43</b>	<b>37,15</b>	<b>1151,7</b>	<b>17160</b>	83,1
03.06.15	0,08	6,91			
15.06.15	0,31	26,78			
30.06.16	0,48	41,47			
<b>Середнє за червень</b>	<b>0,29</b>	<b>25,06</b>	<b>751,8</b>	<b>11202</b>	63,0
10.07.15	0,30	25,92			
24.07.15	0,13	11,23			
31.07.15	0,03	25,92			
<b>Середнє за липень</b>	<b>0,15</b>	<b>12,96</b>	<b>401,8</b>	<b>5987</b>	1,8
10.08.15	0	0			
20.08.15	0	0			
<b>Середнє за серпень</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	47,7
01.09.15	0,17	14,69			
17.09.15	0,06	5,18			
<b>Середнє за вересень</b>	<b>0,12</b>	<b>10,37</b>	<b>311,1</b>	<b>4635</b>	<b>Всього: 408,2</b>
<b>Середнє за вегетаційний період</b>	<b>0,22</b>	<b>19,01</b>	<b>575,1</b>	<b>8568</b>	

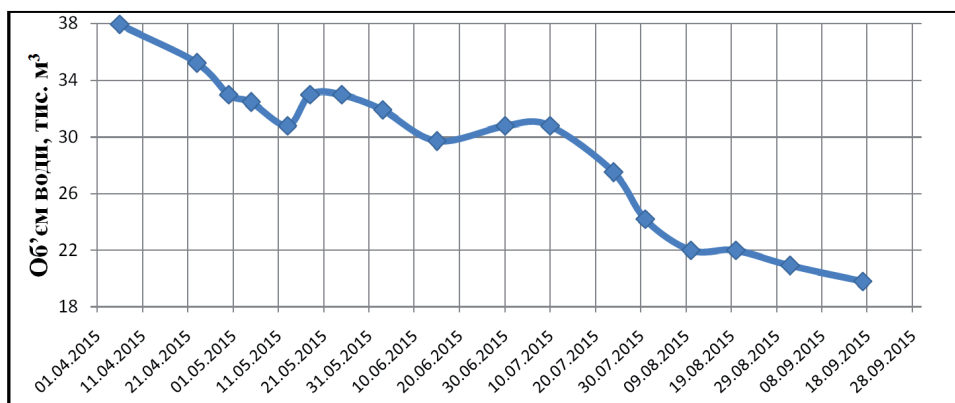


Рис. 3. Динаміка об'єму води в акумулюючій ємкості впродовж вегетаційного періоду 2015 р., Сульський опорний пункт

## 4. Баланс об'єму води в акумулюючій ємкості у вегетаційний період 2015 р.

Місяць	Декада	Опади, мм	Дата вимірю- вань	Об'єм води в ємкості, тис.м <sup>3</sup>	Об'єм води на зволожен- ня, тис. м <sup>3</sup>	Об'єм води на наповнення ємкості, тис. м <sup>3</sup>	Об'єм дренаж- ного стоку для акумулювання, тис.м <sup>3</sup> з площі 14,9 га
Березень	1	23,9					
	2	4,4					
	3	50,4					
Квітень	1	17,7	06.04	37,95			
	2	5,9	23.04	35,2	2,75		4,16
	3	2,1	30.04	33,0	2,2		0,90
Травень	1	36,6	05.05	32,45	0,55		0,52
	2	25,0	13.05	30,8	1,65		4,84
			18.05	33,0		2,2	2,45
3	46,6	25.05	33,0		0	3,15	
Червень	1	0	03.06	31,9	1,1		5,91
	2	23,5	15.06	29,7	2,2		1,24
	3	59,6	30.06	30,8		1,1	5,99
Липень	1	39,6	10.07	30,8		0	6,18
	2	20,7	24.07	27,5	3,3		5,41
	3	2,7	31.07	24,2	3,3		1,17
Серпень	1	0	10.08	22,0	2,2		0,88
	2	1,8	20.08	22,0	0		0
	3	0	30.08	21,45	0,55		0
Вересень	1	40,5	01.09	20,9	0,55		0
	2	0	17.09	19,8	1,1		3,5
	3	7,2					
<b>Всього</b>		<b>408,2</b>			<b>21,45</b>	<b>3,3</b>	<b>46,3</b>

За умови відсутності бази даних вимірювань місцевого дренажного стоку доцільно використовувати нормативи дренажного стоку, отримані на основі багаторічних натурних досліджень.

Модуль дренажного стоку визначаємо за даними А. М. Янголя, З. О. Забочиної[4,5]. Вихідними даними для розрахунку модуля дренажного стоку є забезпеченість атмосферними опадами меліорованої території, водопроникність ґрунтів, відстань між дренами та глибина їх закладання.

Розрахункове середнє значення модуля дренажного стоку становить 0,21 л/с з 1 га та об'єм дренажного стоку – 270,3 м<sup>3</sup>/добу з площі 14,9 га проти значення модуля дренажного стоку, який становить 0,22 л/с з 1 га та об'єму дренажного стоку – 283,2 м<sup>3</sup>/добу, визначених експериментальним шляхом.

Розрахункове максимальне значення модуля дренажного стоку становить 0,41л/с з 1 га, а значення модуля дренажного стоку, яке визначено експериментальним шляхом – 0,41 (березень) та 0,43 (травень) л/с з 1 га.

Результати апробації технологічних рішень щодо підвищення водозабезпеченості на пілотних ділянках Сульського опорного пункту представлено в табл. 5.

**Висновки.** В умовах змін клімату, зростаючого дефіциту водних ресурсів забезпечення ефективного управління водним режимом осушуваних ґрунтів можливе шляхом підвищення водозабезпеченості меліоративних систем, що досягнуто завдяки створенню резервних об'ємів води в акумулюючій ємкості за рахунок накопичення поверхневого та дренажного стоку.

Апробація розроблених технологічних рішень щодо підвищення водозабезпеченості показала, що в умовах середнього за кількістю опадів вегетаційного періоду 2015 р. (забезпеченість опадами 57%) при вирощуванні багаторічних трав першого та другого укосів потенційний об'єм акумулювання дренажного стоку з площі 14,9 га є достатнім для зволоження території пілотних ділянок і становить 46,3 тис. м<sup>3</sup>, при цьому фактичний об'єм води, поданий на зволоження, складає 21,45 тис. м<sup>3</sup>.

### 5. Результати апробації технологічних рішень щодо підвищення водозабезпеченості на пілотних ділянках Сульського опорного пункту

№ п/п	Найменування показників	Кількість
1	Об'єм акумулюючої ємкості	50 тис. м <sup>3</sup>
2	Об'єм води: в акумулюючій ємкості: – на початок вегетаційного періоду; – на кінець вегетаційного періоду.	37,95 тис. м <sup>3</sup> 19,8 тис. м <sup>3</sup>
3	Об'єм води, який подано: на зволоження; на наповнення ємкості.	21,45 тис. м <sup>3</sup> 3,3 тис. м <sup>3</sup>
4	Об'єм дренажного стоку	46,3 тис. м <sup>3</sup>
5	Модуль дренажного стоку: середній; максимальний.	0,22 л/с 0,42 л/с
6	Модуль дренажного стоку (розрахунковий): середній; максимальний.	0,21 л/с 0,41 л/с
7	Об'єм дренажного стоку з площі 14,9 га	283 м <sup>3</sup> /добу
8	Розрахунковий об'єм дренажного стоку з площі 14,9 га	270 м <sup>3</sup> /добу
9	Урожайність багаторічних трав на зелену масу: на пілотних ділянках; на ділянці без зволоження.	350 ц/га 235 ц/га
10	Підвищення врожайності багаторічних трав	30 %

Підвищення врожайності багаторічних трав на зелену масу в умовах підгрунтового зволоження подачею води в дренажну систему з акумулюючої ємкості становить понад 30%.

#### Бібліографія

1. Дегодюк С.Е. Специалізація землеробства в Україні залежно від змін клімату / С.Е. Дегодюк, Е.Г. Дегодюк // Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства УАН" – К.: ВД "ЕКМО", 2008. – Спецвипуск. – С. 69 – 77.
2. Яцьк А.В. Роль прудов и водохранилищ в водохозяйственном комплексе Украинской ССР / А.В. Яцьк, Л.Б. Бышовец // Мелиорация и водное хозяйство. – 1989. – №71. – С. 33 – 39.
3. Яцьк М. В. Методологічні основи підвищення водозабезпеченості меліоративних систем шляхом створення акумулюючих ємкостей / М. В. Яцьк, Г. В. Воропай, Т.І. Топольнік, Ю.А. Шушкевич // Мелиорация і водне господарство. – 2015. – Вип. 102. – С. 54 – 58.
4. Янголь А.М. Нормы дренажного стока для проектирования и эксплуатации закрытого дренажа / Осушение болотных и заболоченных почв. – Минск: Издательство АСХН БССР, 1960. – С. 341 – 360.
5. Вказівки по осушенню мінеральних надмірно зволужених земель закритим дренажем у західних областях УРСР (Розроблено З.О. Забочиною). – К.: Урожай, 1969. – 32 с.

**Н.В. Яцьк, Г.В. Воропай, Н.Б. Моляца**

#### Повышение водообеспечения мелiorативных систем гумидной зоны

Приведены методика и результаты исследований параметров регулирования водного режима и апробации технологических решений по повышению водообеспечения пилотных объектов. Достигнуто повышение урожайности многолетних трав (свыше 30 %) благодаря дополнительному увлажнению осушаемых почв из аккумуляющей емкости, наполненной за счет поверхностного и дренажного стока.

**M.V. Yatsyk, G.V. Voropay, N.B. Molescha,**

#### Increasing water availability of reclamation systems in the humid zone

It is given the method and results of studies on the parameters of water regime control and testing of technological solutions to increase water availability of pilot objects. It was obtained an increase in productivity of perennial grasses (over 30%) due to the additional moistening of drained soils using the accumulative capacity, filled by the surface and drainage flow.

УДК 631.674.5:631.171

## ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДОПОДАЧЕЮ НА ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

**В.М. ПОПОВ** док. техн. наук,  
**М.М. ТАРГОНІЙ**

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

Наведено метод обґрунтування технології автоматизованого управління водоподачею на закритих зрошувальних системах (ЗЗС) із застосуванням математичного моделювання динамічних процесів водоподачі та енергоспоживання з урахуванням їх імовірно-статистичних характеристик.

**Ключові слова:** математична модель, автоматизоване управління водоподачею, система розосередженого контролю, автоматизований електропривід, насосний агрегат, дощувальна машина, енергоефективність

**Вступ.** На зрошувальних системах України працюють понад 900 насосних станцій (НС). Лише на внутрішньогосподарській зрошувальній мережі Каховської зрошувальної системи близько 220 НС, які щорічно перекачують від 800 до 1040 млн.м<sup>3</sup> води і споживають від 280 до 360 млн. кВт·год електроенергії.

Одним із основних напрямів підвищення енергоефективності для забезпечення сталого функціонування зрошення є впровадження технологій автоматизованого управління водоподачею на ЗЗС.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Для обґрунтування способів водоподачі на ЗЗС, як зазвичай, застосовують статистичні характеристики та закономірності процесів водоподачі та енергоспоживання [1, 2, 3, 4]. Моделювання динамічних процесів водоподачі та електроспоживання на ЗЗС, що проведено із застосуванням програми MATLAB/Simulink [5], не враховує особливості технології автоматизованого управління водоподачею.

**Постановка завдання.** Для раціонального водокористування та ощадливого витрачання електроенергії запропонована технологія, яка

ґрунтується на застосуванні автоматизованої системи розосередженого контролю технологічних параметрів ЗЗС та автоматизованого управління машинною водоподачею з перетворювачем частоти (ПЧ)[6].

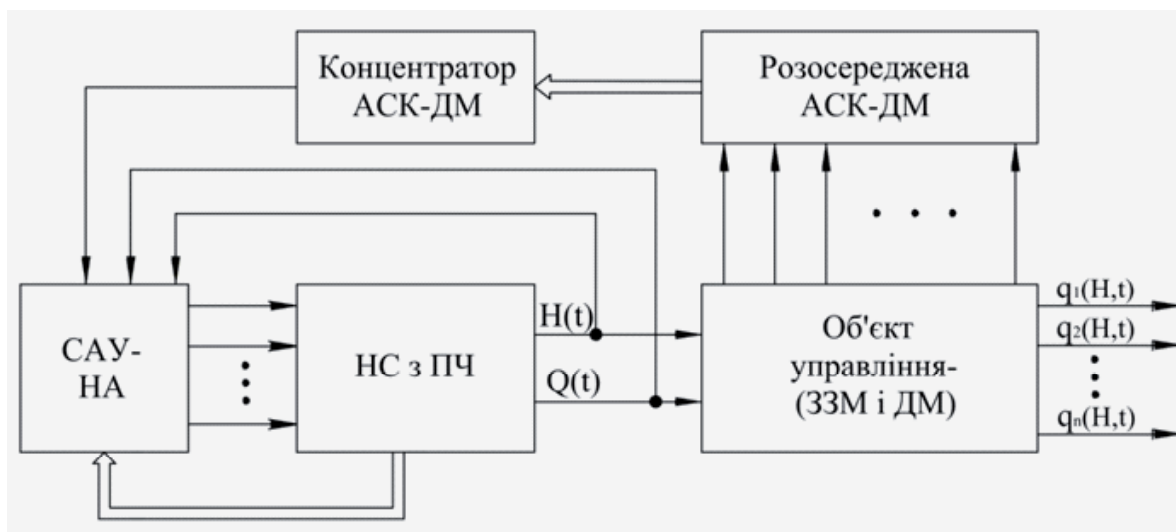
Блок-схема системи автоматизованого управління водоподачею на ЗЗС, що реалізує запропоновану технологію, представлена на рис.1.

Запропонована технологія автоматизованого управління машинною водоподачею забезпечує оперативну зміну подачі НА з ПЧ відповідно до напору в диктуючій точці на ЗЗМ, що визначається в залежності від місця розташування працюючих ДМ та їхніх напірно-витратних характеристик.

Обґрунтування даної технології управління машинною водоподачею на ЗЗС здійснюється шляхом порівняння таких варіантів управління:

- управління водоподачею здійснюється машинами НС в ручному режимі (варіант 1);

- автоматизоване управління водоподачею шляхом стабілізації напору на виході НС, який задають за напором на фіксованому диктуючому гідранті ЗЗМ (варіант 2);



**Рис.1. Блок-схема системи автоматизованого управління водоподачею на ЗЗС:**

SAU-NA – система автоматизованого управління режимами роботи насосних агрегатів; АСК-ДМ – автоматизована система контролю роботи дощувальних машин; ЗЗМ – замкнута зрошувальна мережа;  $H(t)$  – напір води в колекторі НС;  $Q(t)$  – об'ємна витрата води, перекачаної НС;  $q_i(H,t)$  – об'ємна витрата води, поданої ДМ

- автоматизоване управління водоподачею при стабілізації напору на диктуючому гідранті ЗЗМ, місцезнаходження якого змінюється (варіант 3).

Критеріями вибору ефективної технології управління водоподачею на ЗЗС мають бути: мінімальні питомі витрати електроенергії на перекачування води НА, мінімальні технологічні втрати води на зрошувальній мережі та мінімальне споживання електроенергії НА.

**Вирішення завдання.** Обґрунтування технології управління машинною водоподачею на ЗЗС здійснюється за методом, який базується на застосуванні математичного моделювання динамічних процесів водоподачі імовірісно-статистичної моделі процесів при зрошенні.

Математичне моделювання динамічних процесів автоматизованого управління водоподачею на ЗЗС здійснюється із застосуванням пакету програм Matlab/Simulink [7-8].

Математична модель системи автоматизованого управління водоподачею (САУВ) на ЗЗС розробляється за її структурно-функціональною схемою, яку наведено на рис.2.

У наведеній схемі модель ПЧ представляють у вигляді структурної схеми, що показано на рис.3 [9].

Модель асинхронного електродвигуна представлено на рис. 4 [9].

Модель відцентрового насоса зі зміною частоти обертання його робочого колеса представлено на рис.5.

Дана модель відцентрового насоса відтворює співвідношення:

$$\frac{H_{\Phi}}{H} = \left(\frac{n_{\Phi}}{n}\right)^2, \quad (1)$$

де  $H_{\Phi}$ ,  $n_{\Phi}$  – фактичні значення напору насоса та частоти обертання його робочого колеса.

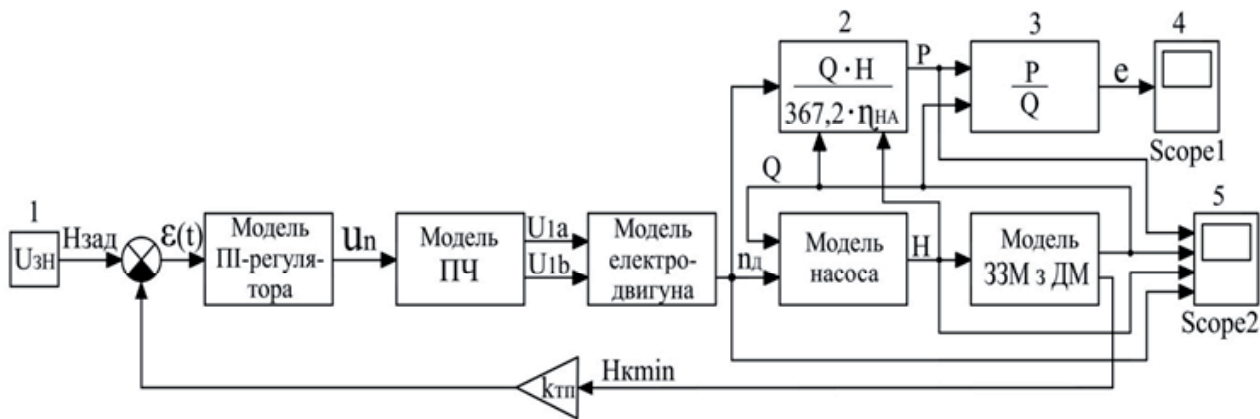


Рис. 2. Структурно-функціональна схема САУВ на ЗЗС:

$U_{zn}$  (1) – блок завдання;  $H_{зад}$  – заданий напір;  $\varepsilon(t)$  – сигнал розузгодження;  $U_n$  – сигнал керування;  $U_{1a}$ ,  $U_{1b}$  – векторна напруга статора на осі a-b;  $n_{д}$  – оберти електродвигуна, рад/с;  $H_{кмін}$  – мінімальний напір на k-ому диктуючому гідранті;  $k_{тп}$  – коефіцієнт передачі;  $Q$  – витрата води, створювана НА, м<sup>3</sup>/год;  $H$  – напір насоса, м;  $P$  – фактична потужність споживана НА, кВт;  $e$  – питомі витрати електроенергії на перекачування води НА, кВт·год/тис.м<sup>3</sup>; 2 – блок визначення споживаної потужності; 3 – блок визначення питомих витрат електроенергії на перекачування води НА; 4, 5 – блоки графічного відображення результатів моделювання.

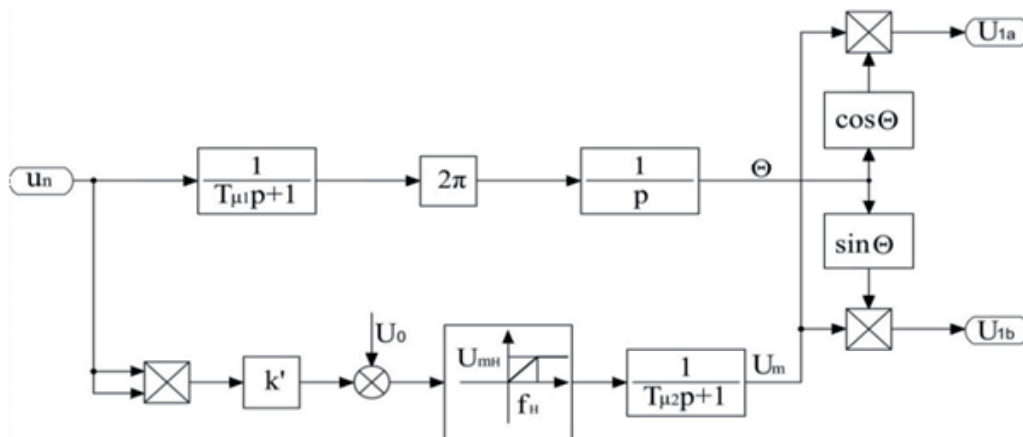


Рис.3. Структурна схема перетворювача частоти:

$T_{\mu 1}$ ,  $T_{\mu 2}$  – сталі часу;  $U_0$  – амплітуда напруги статора при нульовій частоті, що визначається за формулою  $U_0 = 0,06 \cdot U_{mn}$ , в якій  $U_{mn}$  – номінальна напруга електродвигуна, В;  $k'$  – коефіцієнт зв'язку між частотою і амплітудою, що визначається за формулою  $k' = \frac{U_{mH} - U_0}{f_{\Sigma}^2} \cdot \frac{B}{\Gamma \text{ц}^2}$ .

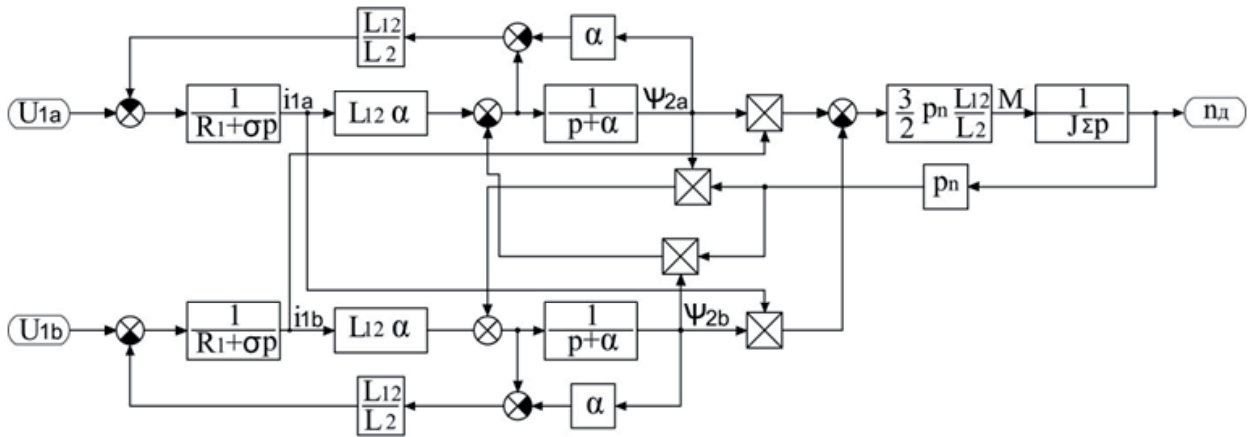


Рис.4. Математична модель асинхронного електродвигуна:

$i_{1a}, i_{1b}$  – вектори струму статора на осі a-b;  $R_1$  – активний опір обмотки статора;  $\alpha=R'_1/L_2$  - відношення активного опору роторного кола, приведеного до статора, і індуктивності обмотки ротора;  $L_1$  – індуктивність обмотки статора;  $\Psi_{2a}, \Psi_{2b}$  – вектори потокозчеплення ротора на осі a-b;  $L_{12}$  – взаємна індуктивність обмоток статора і ротора;  $p_n$  – кількість пар полюсів;  $\sigma=(L_1L_2-L_{12}^2)/L_2$ ;  $J_\Sigma$  - приведений до валу двигуна сумарний момент інерції НА.

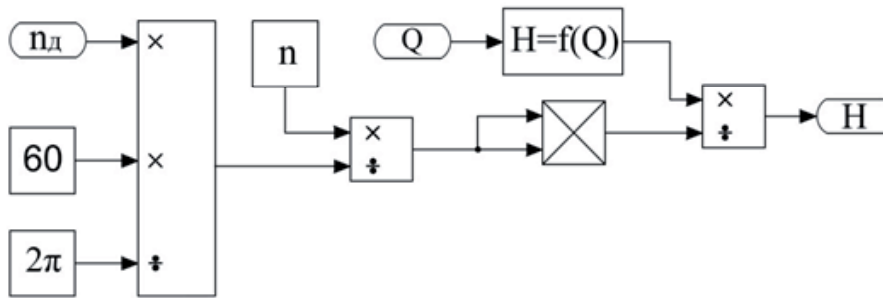


Рис. 5. Модель відцентрового насоса:

$H=f(Q)$  – напірна характеристика насоса; 60 – перевідний коефіцієнт обертів з рад/с в об/хв.;  $n$  – номінальні оберти насоса, об/хв.

Математична модель ЗЗМ з ДМ, як об’єкт управління водоподачею, створюється на основі конструктивних параметрів зрошувальної мережі, формул втрат напору в трубопроводах по довжині, напірно-витратних характеристик ДМ та залежності технологічних втрат води на ЗЗМ від напору [5].

Перехідні процеси автоматизованого управління водоподачею НА 250QVD500-54 при відкриванні засувки на напірному трубопроводі насоса та вмиканні ДМ «Фрегат» наведено на рис.6.

З рис.6 видно, що перехідні процеси автоматизованого управління водоподачею характеризуються плавною монотонною зміною обертів, споживаної потужності НА та напору насоса, як в початковий момент пуску НА з ПЧ, так і при відкриванні засувки та вмиканні ДМ «Фрегат» з витратою води 288м³/год. При моделюванні враховано також технологічні втрати води на ЗЗМ, що змінюються в залежності від напору води на виході НС.

Процес водоподачі у зрошенні при груповій роботі ДМ «Фрегат» має випадковий дискретний характер, зумовлений випадковою кількістю одночасно працюючих ДМ. При загальній кількості  $n$  ДМ, заявлених для виконання добового плану-заявки, в кожний момент часу одночасно працює  $k$  ДМ.

Імовірність того, що в кожний момент часу на зрошувальній системі працює  $k$  ДМ, визначається за біноміальним законом розподілу [10]:

$$P(k) = C_n^k \cdot P^k \cdot (1 - P)^{n-k}, \tag{2}$$

де параметр біноміального розподілу  $P$  – імовірність того, що протягом певного часу із групи  $n$  працює  $k$  ДМ, а  $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ .

Параметр біноміального розподілу  $P$  визначають за відношенням середніх за добовий період витрат води до максимальних.

На рис.7 представлено результати математичного моделювання САУВ на ЗЗС при реалізації добового плану-заявки на три ДМ «Фрегат» з загальною витратою 864 м³/год. При моделюванні враховано технологічні втрати води на ЗЗМ, що змінюються в залежності від напору на виході НС.

За результатами моделювання отримують добові графіки зміни основних технологічних параметрів автоматизованого управління процесом водоподачі на ЗЗС.

У табл.1 наведено порівняння основних техніко-енергетичних показників для різних технологій

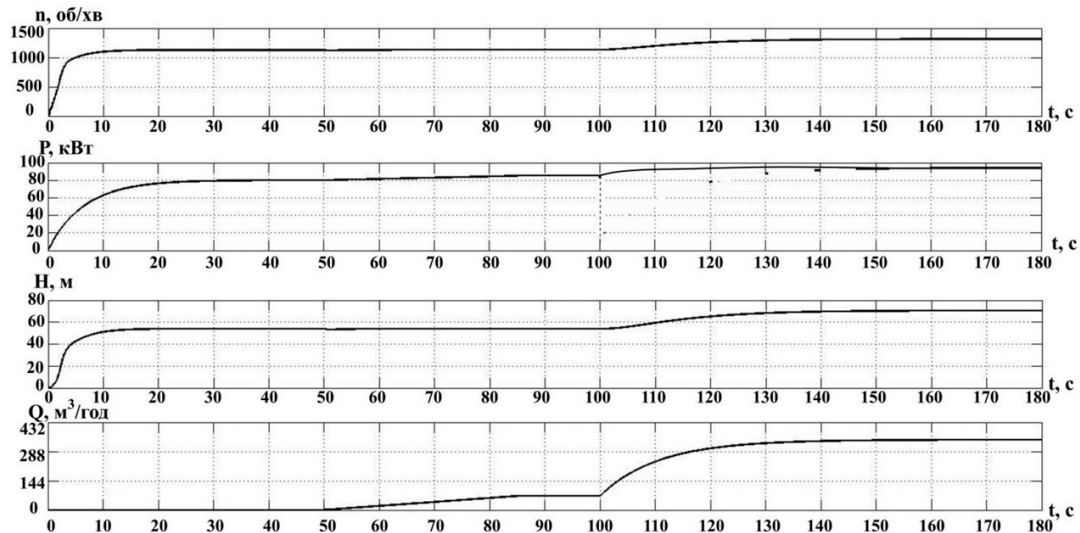


Рис. 6. Перехідні процеси при пуску частотно-керованого НА, відкритті засувки на напірному трубопроводі та вмиканні ДМ «Фрегат»:

$n$  – оберти НА, об/хв;  $P$  – потужність, споживана НА, кВт;  $H$  – напір на виході насоса, м;  $Q$  – витрата води, створювана НА, м<sup>3</sup>/год.

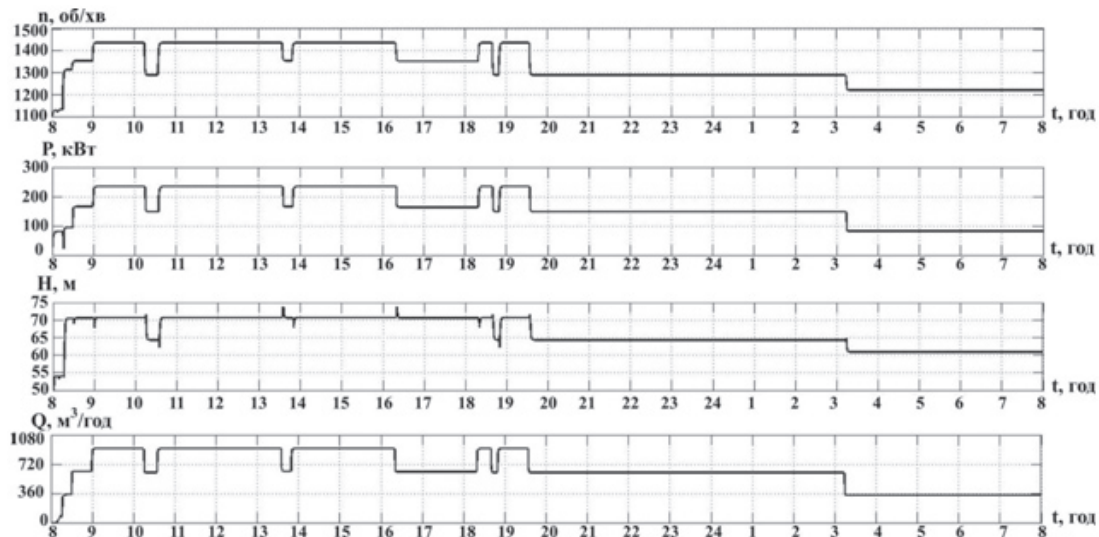


Рис. 7. Зміна технологічних параметрів САУВ на ЗЗС при реалізації добового плану-заявки:

$n$  – оберти НА, об/хв;  $P$  – потужність, споживана НА, кВт;  $H$  – напір на виході із НС, м;  $Q$  – витрата води, створювана НА, м<sup>3</sup>/год.

управління водоподачею на прикладі ЗЗС, в голові якої знаходиться НС 7 Р-1 Каховського МУВГ.

**Висновок.** Порівняння техніко-енергетичних показників при застосуванні різних технологій управління водоподачею на ЗЗС показало очевидні переваги автоматизованого управління водоподачею.

Автоматизоване управління водоподачею за заданим напором на виході НС, в порівнянні з управлінням водоподачею, що здійснюється машиністами НС в ручному режимі, забезпечує економію електроенергії до 25%.

Найбільш ефективною є запропонована технологія автоматизованого управління водоподачею при стабілізації напору на диктуючому гідранті ЗЗМ, місцезнаходження якого змінюється. Застосування даної технології управління водоподачею дозволяє зменшити споживання електроенергії до 30% за

зменшення питомих витрат електроенергії на перекачування води НА та мінімізації технологічних витрат води на зрошувальній мережі.



### 1. Порівняння техніко-енергетичних показників оцінки ефективності способів управління водоподачею при виконанні добового плану-заявки

Техніко-енергетичні показники управління водоподачею	Технології управління водоподачею		
	варіант 1	варіант 2	варіант 3
Середньозважений напір на виході НС, м	79,02	70,68	66,43
Середньозважені питомі витрати електроенергії на перекачування води НА, кВт·год/тис.м <sup>3</sup>	331,22	260,73	250,64
Об'єм перекачаної води, м <sup>3</sup>	16752,82	15988,52	15644,49
Нетехнологічні втрати води на ЗЗМ, м <sup>3</sup>	2055,77	1947,95	1879,98
Спожита електроенергія, кВт·год	5548,84	4168,61	3921,10

#### Бібліографія

1. Методика проведення енергоаудиту на об'єктах водогосподарських систем: НД 33-6.2-01-2006. – К.: Держводгосп України, 2006. – 46 с.
2. Попов В.М. Метод моделювання процесів водоподачі та електроспоживання на зрошувальних системах/ В.М.Попов // Меліорація і водне господарство. – 2001. – Вип. 87. – С. 22–29
3. Шевченко А.В. Методика изучения динамики требуемого напора в головах закрытых оросительных систем/ А.В.Шевченко, В.А. Негериш//Мелиорацияиводное хозяйство. – 1985. – Вып. 63. – С. 67-71
4. Шевченко О.В. Статистичні закономірності групової роботи дощувальних машин “Фрегат” / О.В. Шевченко //Меліорація і водне господарство. – 1992. – Вип.76.– С. 3-8.
5. Попов В.М. Моделювання динамічних процесів водоподачі та електроспоживання на зрошувальному технологічному комплексі / В.М. Попов, М.М. Таргоній // Меліорація і водне господарство. – 2014. – Вип. 101. – С. 179-189.
6. Методичні рекомендації з ефективного управління водокористуванням на зрошувальних системах – К.: ІВПіМ, 2015. – 61 с.
7. Васильев В.В. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB / В.В. Васильев, Л.А. Симак, А.М. Рыбников // Simulink (Учебное пособие) – К.:НАН України, 2008. – 91 с.
8. MATLAB: анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. СПб: Питер.- 2001.- 438с.
9. Попович М.Г. Електромеханічні системи автоматизації та електропривід (теорія і практика) / М.Г. Попович, В.В Кострицький. // Навчальний посібник –К.: КНУТД. – 2008. –408с.
10. Попов В.М. Характеристики випадкового процесу водоподачі зрошенні/ В.М. Попов // Вісн. аграр. науки. – 2002. – №8. – С.55-58.

**В.Н. Попов, Н.Н. Таргоній**

#### Обоснование технологии автоматизированного управления водоподачей на оросительных системах

Приведен метод обоснования технологии автоматизированного управления водоподачей на закрытых оросительных системах с применением математического моделирования динамических процессов водоподачи и энергопотребления с учетом их вероятностно-статистических характеристик.

**V.V. Popov, M.M. Targoni**

#### Feasibility of the technology of water supply automated control in irrigation systems

It was showed automated water supply management of closed-type irrigation systems with use of mathematical modeling of water supply dynamic processes and power consumption with their probabilistic statistical characteristics.

УДК 635.658: 631.6

## СТРОКИ НАСТАННЯ ОСНОВНИХ ФАЗ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ЗВОЛОЖЕННЯ

**В.О. УШКАРЕНКО**, док. с.-г.наук,  
**С.О. ЛАВРЕНКО**, канд. с.-г. наук,  
**М.В. МАКСИМОВ**

ДВНЗ «ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

*У статті наведені дати настання основних фаз росту та розвитку сочевиці (сходи, цвітіння, повна стиглість) залежно від умов вологозабезпечення в Південному Степу України. Визначені закономірності тривалості міжфазових та вегетаційного періодів рослин залежно від теплозабезпеченості (суми активних температур) за роки досліджень. Розрахована сума активних температур, необхідна для проходження сочевицею головних періодів індивідуального росту та розвитку.*

**Ключові слова:** сочевиця, умови зволоження, фаза росту та розвитку, сівба, цвітіння, дозрівання

**Постановка питання.** Ріст та розвиток будь-якої сільськогосподарської культури обумовлюється дією зовнішніх факторів навколишнього середовища, які контролювати або впливати на них в умовах відкритого поля неможливо. Тому створення оптимальних умов культурі під час онтогенезу допомагає подолати несприятливі умови. Також невід'ємною умовою є вирощування адаптованих сортів до конкретних ґрунтово-кліматичних умов із широкими адаптивними властивостями [7, 9].

Для проходження визначеної послідовності фаз росту й розвитку, які є генетично обумовленими, культурі необхідно накопичити визначену кількість позитивних температур. Збільшення, зменшення їх кількості зменшує або подовжує тривалість міжфазових та вегетаційного періодів культури.

**Методика проведення досліджень.** Дослідження з удосконалення елементів технології вирощування сочевиці проводили протягом 2013-2015 рр. шляхом постановки польових дослідів на території сільськогосподарського кооперативу «Радянська земля» Білозерського району Херсонської області.

Польові досліді були закладені в чотириразовій повторності. Розташування варіантів здійснювалося методом розщеплених ділянок з частковою рендомізацією. Під час проведення досліджень керувалися методикою польових дослідів.

Агротехніка вирощування зерна сочевиці була загальновизнана для зернобобових культур в умовах Південного Степу України. У дослідях вирощували сорт сочевиці Лінза. Вологість ґрунту в активному шарі ґрунту (0-50 см) на варіантах зрошення підтримували на рівні 75-80% НВ. Полив здійснювався за допомогою дощувальної машини Кубань.

**Результати досліджень.** У сочевиці, як і у будь-якої іншої бобової культури, визначають такі фази росту та розвитку: набухання і проростання насіння; сходи; цвітіння; дозрівання. На відміну від зернових культур фаза цвітіння і плодоутворення у сочевиці проходить майже одночасно [2].

За роки досліджень строк сівби сочевиці суттєво різнився і залежав від вологості і температури ґрунту (табл. 1, 2).

Оптимальний температурний режим для сівби сочевиці в 2013 р. настав 1 квітня, в 2014 р. - 24 березня, а в 2015 р. - 28 березня.

Найбільш швидке наростання позитивних температур спостерігалось в 2013 р., тому сходи отримали через 10 діб після сівби, а сума активних температур склала 103°C. У 2014 та 2015 рр. сходи в'явилися через 14 діб. Культурі для цього знадобилося накопичення 108 та 99°C позитивних температур. Аналогічні дані отримані в дослідженнях [1], згідно яких сума активних середньодобових температур від сівби до появи сходів сочевиці у Білорусі складала 100-127°C, а на Красноградській дослідній станції - 69-111°C [2]. У середньому по наших дослідях сходи сочевиці були отримані в 2013 та 2015 рр. 11 квітня, у 2014 р. - 7 квітня. Різниця між умовами зволоження не спостерігалось, тому що поливи сочевиці не проводили.

Цвітіння сочевиці розпочалося, у середньому за роки досліджень, через 37-46 діб після сходів культури. Така велика різниця була обумовлена проведенням поливів на зрошуваних варіантах досліді, що поліпшило мікроклімат, умови росту та розвитку, і, як наслідок, подовження міжфазового періоду «сходи-цвітіння». Згідно Міжнародного класифікатора роду *Lens mil. L.* залежно від кліматичних умов період «сходи - цвітіння» у різних сортів коливається від 0 до 15 діб [3]. Також вченими відмічається тісний зв'язок міжфазового періоду «цвітіння-повна стиглість» з величиною врожаю зерна сочевиці [8].

На незрошуваних варіантах на протікання фізіологічних процесів суттєво впливала сонячна інсоляція, скорочуючи міжфазовий період. Так, цвітіння сочевиці за цих умов настало у 2013 і 2014 рр. 18 травня, а у 2015 р. - 21 травня. Сума активних температур за міжфазовий період «сходи-цвітіння» у 2013 р. склала 614°C за тривалості 37 діб, 2014 р. - 583 за тривалості 41 доба та у 2015 р. - 543°C за тривалості 40 діб. Аналогічні результати були отримані в інших дослідженнях [2], де тривалість цього періоду становила 35-48 діб залежно від крупності насіння, а сума активних температур 474-582°C.

На відміну від умов природного зволоження при зрошенні міжфазовий період був дещо більшим,

## 1. Строки сівби та настання основних фаз росту й розвитку рослин сочевиці за роки досліджень

Умови зволоження	Рік досліджень	Фаза росту та розвитку рослин			
		сівба	сходи	цвітіння	повна стиглість
Без зрошення	2013	01.04	11.04	18.05	02.07
	2014	24.03	07.04	18.05	02.07
	2015	28.03	11.04	21.05	06.07
Зрошення	2013	01.04	11.04	25.05	20.07
	2014	24.03	07.04	23.05	18.07
	2015	28.03	11.04	27.05	23.07

## 2. Тривалість та теплозабезпеченість міжфазових періодів сочевиці

Рік досліджень	Міжфазовий період							
	сівба-сходи		сходи-цвітіння		цвітіння-повна стиглість		сходи-повна стиглість	
	діб	сума активних температур (>0°C), °C	діб	сума активних температур (>0°C), °C	діб	сума активних температур (>0°C), °C	діб	сума активних температур (>0°C), °C
Без зрошення								
2013	10	103	37	614	45	1010	82	1624
2014	14	108	41	583	45	952	86	1535
2015	14	99	40	543	46	945	86	1488
Зрошення								
2013	10	103	44	770	56	1352	100	2122
2014	14	108	46	715	56	1383	102	2098
2015	14	99	46	738	57	1310	103	2048

склавши в середньому за роки досліджень 44-46 діб. За цих умов фаза «цвітіння» сочевиці у 2013 р. була відмічена 25 травня, що склало від сходів 44 доби. Для настання відповідної фази культура потребувала суму активних температур у 770°C. У 2014 р. сума активних температур була дещо меншою - 715°C, але вона була накопичена за 46 діб, що говорить про нижчий температурний режим у цей міжфазовий період, який настав 23 травня. Тривалість міжфазового періоду «сходи-цвітіння» у 2015 р. склала 46 діб. За цей час культурою була накопичена сума активних температур 738°C, а календарно період «сходи-цвітіння» настав 27 травня.

Найбільш важливим періодом, який відповідає за кількість квітів на рослині, тривалість їх утворення, умови наливу та формування врожаю сочевиці, є «цвітіння-повна стиглість». Значно впливають на тривалість цього періоду гідротермічні умови. Так, за низької температури або великої кількості опадів дозрівання затримується, а вегетаційний період може збільшитися на 2-3 тижні [3].

Повна стиглість зерна сочевиці в незрошуваних умовах 2013 та 2014 рр. наступала 2 липня, тобто через 45 діб після цвітіння. Сума активних температур за міжфазовий період «цвітіння-повна стиглість» за ці роки різнилася і складала 1010°C у 2013 р. та 952°C – у 2014 р. У 2015 р. повна стиглість зерна сочевиці була відмічена 6 липня, а для проходження

цього періоду культурі знадобилося активних температур у сумі 945°C.

В умовах зрошення тривалість міжфазового періоду «цвітіння-повна стиглість» була довшою на 11 діб порівняно з незрошуваними умовами, складаючи за роки досліджень 56-57 діб. У 2013 та 2014 рр. для повного дозрівання сочевиці знадобилося 56 діб або 1352 та 1383°C активних температур відповідно. Дещо тривалішим зазначений міжфазовий період був у 2015 р. - 57 діб при сумі активних температур 1310°C. Календарно повна стиглість зерна сочевиці наступала в 2013 р. – 20 липня, в 2014 р. – 18 липня та у 2015 р. – 23 липня.

Загальна тривалість онтогенезу рослин сочевиці повністю залежала від гідротермічних умов року. Вчені відмічають, що між тривалістю вегетаційного періоду і продуктивністю сочевиці зв'язок несуттєвий [4, 6], але існує важливість співвідношення генеративного та вегетативного періодів у співвідношенні 1,1-1,2 і якщо показник зменшується - врожайність зерна суттєво зменшується [5].

За роки досліджень вегетаційний період культури в незрошуваних умовах складав від 82 діб (у 2013-2014 рр.) до 86 (у 2015 р.). У цих умовах зволоження для формування врожаю зерна сочевиці потребувала сума активних температур від 1488 (у 2015 р.) до 1624°C (у 2013 р.). Так, у середньому кожна доба вегетаційного періоду сочевиці вимагала

надходження 19,8°C активних температур у 2013 р., 17,8°C – у 2014 р. та 17,3% - у 2015 р., що цілком залежало від надходження тепла і вологи з опадів.

При зрошенні, завдяки надходженню вологи з поливами, тривалість вегетаційного періоду була довшою. За вирощування сочевиці у 2013 р. міжфазовий період «сходи-повна стиглість» склав 100 діб, у 2014 р. – 102 та 2015 р. – 103 доби. Для формування врожаю зерна культура потребувала суми активних температур у кількості 2122°C – у 2013 р., 2098°C – у 2014 та 2048°C – у 2015 р. Тобто кожна доба вегетації культури забезпечувалася надходженням, у середньому, 12,2°C тепла у 2013 р., 20,6°C – у 2014 та 19,9°C – у 2015 р.

**Висновки.** Тривалість міжфазових та вегетаційного періодів сочевиці знаходиться в прямій залежності від умов зволоження та зворотній – від температурного градієнта. Найбільш тривалі періоди: вегетаційний - 100-103 доби та міжфазові - «сходи-цвітіння» 44-46 і «цвітіння-повна стиглість» були зафіксовані за вирощування культури в зрошуваних умовах. За час вегетації найбільша сума активних температур, яка надходила вирощуваній культурі, складала 2048-2122°C при зрошенні. У незрошуваних умовах тривалість вегетаційного періоду була меншою на 16-18 діб, а сума активних температур коливалася від 1488 до 1624°C.

### Бібліографія

1. Бубнов П.С. Отношение зернобобовых культур к теплу и свету / П.С. Бубнов // Труды Белорусской сельскохозяйственной академии. – Горки, 1952. – Т. 18. – С. 64-87.
2. Кулініч О.О. Створення та добір селекційного матеріалу сочевиці, адаптованого до умов північної підзони степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец 06.01.05 «Селекція рослин» / О.О. Кулініч. – Дніпропетровськ, 2006. – 16 с.
3. Международный классификатор СЭВ рода *Lensmil*. L. – Л.: Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова, 1985. – 41 с.
4. Невмивако Т.В. Елементи продуктивності у сочевиці, їх взаємозв'язок і вплив на урожайність / Т.В. Невмивако // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 11. – С. 76-77.
5. Посыпанов Г.С. Модель сорта небуреющей чечевицы / Г.С. Посыпанов, М.М. Майорова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1987. – Вып. 4. – С. 9-19.
6. Стоева М. Варианс, кореляции и патанали звъерхунякой качествени и кличествени признаки на леща с различен вегетационен период / М. Стоева, М. Михов, Е. Пенчев // Растениев науки. – София, 1987. – № 3. – С. 23-38.
7. Beil G.M. Inheritance of quantitative characters in sorghum / G.M. Beil, Fasoulas A. Principles and method soft-plant breeding / A. Fasoulas // Aristotelean University of Thessaloniki. – №11. – Thessaloniki, 1981. – 147 p.
8. Singh Teginder P. Harvest index in lentil (*Lens culinaris medic*) / P. Singh Teginder // Euphytica. – 1977. – Vol. 26. – № 23. – P. 833-838.
9. Wricke G. Die Erfassung der Wechselwirkung zwischen Genotyp und Umwelt bei quantitativen Eigenschaften / G. Wricke. – 1965. – № 53. – P. 266-343.

**В.О. Ушкаренко, С.О. Лавренко, М.В. Максимов**

#### Сроки наступления основных фаз роста и развития чечевицы в зависимости от условий увлажнения

В статье приведены даты наступления основных фаз роста и развития чечевицы (всходы, цветение, полная спелость) в зависимости от условий влагообеспечения в Южной Степи Украины. Определены закономерности продолжительности межфазных и вегетационного периодов растений в зависимости от теплообеспеченности (суммы активных температур) за годы исследований. Рассчитана сумма активных температур, необходимая для прохождения чечевицей основных периодов индивидуального роста и развития.

**V.O. Ushkarenko, S.O. Lavrenko, M.V. Maksimov**

#### Dates of lentil's basic phases of growth and its development depending on the moisture conditions

The article presents the dates of the main phases of lentil growth and development (germination, blossoming, full maturity) depending on the conditions of moisture supply in the southern Steppe of Ukraine. The regularities of the interphase and vegetation periods of the plants depending on the thermal conditions (amount of active temperatures) are determined during the years of research. The amount of active temperatures required for the main periods of individual growth and development of lentil is calculated.

УДК 631.674.5:631.674.6

## ДОЩУВАННЯ ТА КРАПЛИННЕ ЗРОШЕННЯ: ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

**М.І. РОМАЩЕНКО**, док. тех. наук,  
**А.П. ШАТКОВСЬКИЙ**, канд. с.-г. наук,  
**Б.І. КОНАКОВ**, канд. тех. наук,  
**В.В. БАБІЦЬКИЙ**, канд. тех. наук.,  
**В.В. ВАСЮТА**, канд. с.-г. наук  
*ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН*

*Висвітлено існуючий стан і особливості застосування дощувальної техніки та систем краплин-ного зрошення в сучасних умовах. Наведено фактори, які мають бути враховані при відновленні та розвитку зрошення в Україні.*

**Ключові слова:** спосіб поливу, дощування, краплинне зрошення, дощувальна техніка (ДТ), гідромодуль

Необхідність зрошення для отримання сталих і високих урожаїв сільськогосподарських культур у зонах недостатнього та нестійкого природного зволоження сьогодні загальновідома. Глобальні зміни клімату, які суттєво переформували в Україні межі основних природно-кліматичних зон у бік збільшення територій, що потерпають від посух, роблять зрошення південного регіону країни не тільки необхідною умовою забезпечення можливості вирощування рослинницької продукції, але й основним заходом запобігання опустелюванню [1].

У 60-80-ті роки минулого століття для забезпечення сталості землеробства на родючих південних чорноземах було створено дві крупні зрошувальні системи – Північно-Кримського каналу і Каховську (загальною площею більш ніж 1 млн га), а також побудовано значну кількість менших за розмірами зрошувальних систем, що збільшило загальну площу зрошення в Україні наприкінці 80-х років минулого століття до 2,62 млн га. Наявність таких площ зрошення, навіть за не завжди високої ефективності господарювання в зрошуваному землеробстві в той час, забезпечувала врожаї на зрошуваних землях переважної більшості культур в декілька разів вищі, ніж на богарних і позитивно вплинула на стан економіки в цілому. Особливо важливим це було в роки сильних посух, які декілька разів повторювались протягом 1970-1990 рр., і за відсутності зрошення на Півдні України ці роки могли би стати кризовими.

Сьогодні високу ефективність впливу зрошення на врожайність зернових культур на Півдні України демонструють результати досліджень учених Інституту зрошуваного землеробства НААН [2], згідно яких урожайність зерна високопродуктивних сортів і гібридів зернових культур в 2,1–3,4 рази вища на зрошенні, ніж на богарі, за інших однакових умов їх вирощування (рис. 1).

Під час будівництва так званого «Великого Зрошення» в Україні основним способом поливу (біля 95 %), як і в інших розвинених країнах, території яких розташовані в подібних природно-кліматичних умовах, було дощування. Дослідження вітчизняними вченими впливу цього способу поливу на ефективність рослинництва почалось ще у 30-ті

роки минулого століття в Українському науково-дослідному інституті гідротехніки і меліорації (нині Інститут водних проблем і меліорації НААН), де було закладено польові досліди із зрошення основних сільськогосподарських культур дощувальним обладнанням німецького виробництва. Як вітчизняний, так і світовий досвід показали, що безсумнівними перевагами дощування є його наближеність до природного дощу, високий ступінь механізації і автоматизації, невелика питома вартість при зрошенні значних площ.

Зрошення в Україні здійснювалось дощувальними машинами (ДМ) різних типів та модифікацій, переважна частина яких мала задовільну якість дощу. У табл. 1 наведено структуру різної дощувальної техніки в Україні станом на 01.01.1994 р.

Необхідність застосування різної ДТ пов'язана як із широким видовим складом зрошуваних культур, так і з особливостями природно-кліматичних умов України, на території якої існують зони як недостатнього, так і нестійкого та надмірного зволоження. Ці обставини формують ще й основи до диференціації ДТ за терміном її використання у вегетаційний період: у Степу і південній частині Лісостепу зрошення має бути, переважно, регулярним, а в північній частині Лісостепу і на Поліссі – періодичним.

Відповідно до цього, на землях регулярного зрошення ДМ повинні бути властиві невеликі питомі експлуатаційні витрати і високий рівень автоматизованості, на землях періодичного зрошення – невеликі капітальні витрати і мобільність за навіть нижчого рівня автоматизації. Важливим фактором необхідності застосування різної ДТ є також наявність полів різних площ і конфігурацій.

Наявність значної кількості різних типів ДТ дозволяла вибирати необхідну, з урахуванням вимог до якості і своєчасності проведення поливів різних культур у різних умовах, а також надавала можливість вибору найбільш ефективного рішення на основі співставлення варіантів застосування різних ДМ. З іншого боку, наявність значної кількості різновидів ДТ ускладнювала її групове використання у зв'язку з низьким коефіцієнтом уніфікації складових елементів різних ДМ, що вимагало створення

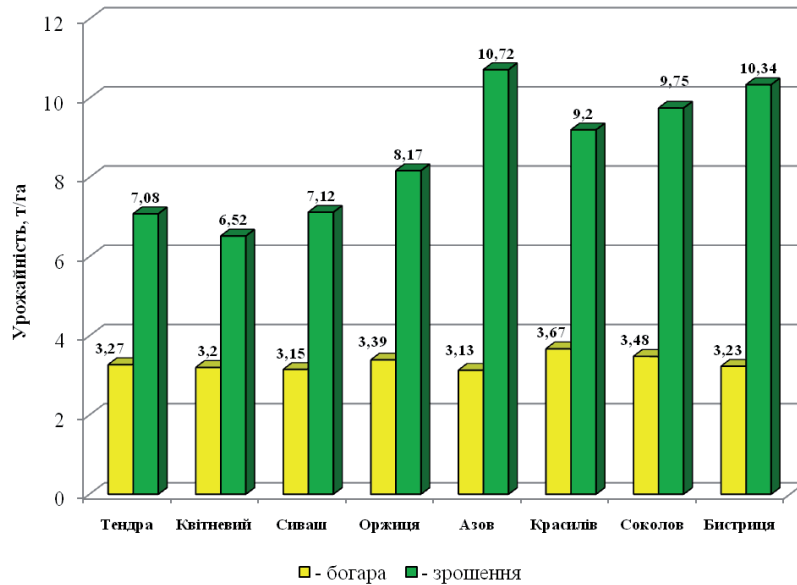


Рис. 1. Урожайність зерна вітчизняних гібридів кукурудзи за вирощування на богарі та на дощуванні (2010-2012 рр.) [2]

#### 1. Типи дощувальної техніки в Україні станом на 01.01.1994 р.

Різновид ДТ	Ґрунтово-кліматичні зони						Всього в Україні	
	Степ, у т.ч. АР Крим		Лісостеп		Полісся			
	тис. га	шт.	тис. га	шт.	тис. га	шт.	тис. га	шт.
«Фрегат»	683,9	10373	45,4	722	0,4	5	729,7	11100
«Дніпро»	355,8	4097	97,3	1092	–	–	453,1	5189
«Кубань»	74,7	539	–	–	–	–	74,7	539
«Волжанка»	91,5	1881	220,3	2423	7,5	80	319,3	4384
ДДА-100 МА	773,8	8059	16,9	115			790,7	8173
ДДН-70, 100	65,7	1567	18,0	165	0,7	16	84,4	1748
Переносні установки	20,3	965	26,6	491	4,0	79	50,9	1535
Шлейфи	5,7	438	0,4	18	–	–	6,1	456
<b>Всього:</b>	<b>2071,4</b>	<b>27919</b>	<b>424,9</b>	<b>5026</b>	<b>12,6</b>	<b>180</b>	<b>2508,9</b>	<b>33125</b>

окремих служб щодо обслуговування і постачання запчастин для кожного різновиду цієї ДТ.

Застосування широкозахватних ДМ загострило ще одну проблему: загальноприйнята ордината гідромодуля, укомплектованого відповідно до рекомендованих у той час сівозмін, була значно нижча за фактичні питомі витрати ДМ. Так, наприклад, якщо загальноприйнята розрахункова ордината гідромодуля для Півдня України в 1970 р. становила 0,4 л/(с×га), то питома витрата ДФ-120 «Дніпро», в середньому, становила 0,85-1,0 л/(с×га) (витрата машини – 120 л/с, сезонне навантаження – 120-140 га). Це створювало неможливість підтримання ДМ оптимальних рівнів вологості ґрунту в критичні за метеопараметрами періоди і фази розвитку рослин з інтенсивним споживанням вологи. Групова робота ДМ частково згладжувала цей вплив [3], але проблема залишалась, у зв'язку з чим в 80-90-х роках минулого століття величини розрахункових гідромодулів при проектуванні внутрішньогосподарських систем

було збільшено до 0,5-0,6 л/(с×га), а в окремих випадках – і до 0,75 л/(с×га).

Соціально-економічні перебудови, які відбулися в Україні у 90-ті роки минулого століття, не тільки змінили виробничо-господарські відносини на селі, але й значно зруйнували зрошення, що вкрай негативно вплинуло на врожайність сільськогосподарських культур і ефективність землеробства в цілому. Валовий збір зерна в зоні Степу зменшився із 24,4 млн т у 1990 р. до 13,2 млн т у 2012 р. Відносно валового збору зерна в країні це зменшення становить від 48,2 % у 1990 р. до 28,3 % у 2012 р. За цього, фактичні площі зрошення дощуванням скоротились до 540 тис. га в 2013 р. і до 401,8 тис. га в 2015 р. з урахуванням втрати зрошуваних земель на території анексованого Криму. Слід відзначити, що до занепаду зрошення в Україні, крім вказаних причин, приєдналось також фізичне та моральне старіння ДТ, насосно-силового обладнання і трубопроводів закритих зрошувальних мереж.

Початок нового століття ознаменувався технічною революцією в дощуванні. Провідні компанії-виробники ДТ Valmont, Lindsay, Pierce, Reinke, T-L (США); Bauer (Австрія); RKD (Іспанія); Otech (Франція) та ін. розпочали випуск сучасних широкозахватних багатоопорних ДМ нового покоління й машин шлангобарабанного типу різної комплектації. Особливостями нових ДМ порівняно з тими, що випускалися раніше, стали покращені характеристики дощу (у т. ч. – шляхом застосування дощувальних апаратів із змінною інтенсивністю типу i-Wob), можливість зрошувати поля різної конфігурації, електро- або оливний гідропривід опорних візків, можливість пересування з різними швидкостями з поливом чи без поливу під час руху, довгі аронні прольоти між опорними візками (до 60 м і більше), гумові колеса з низьким тиском на ґрунт, забір води із закритої чи відкритої зрошувальних мереж, повна автоматизація поливу і високий ступінь уніфікації вузлів одного виробника. З 2012 р. розпочав випуск ДМ такого ж технічного рівня і вітчизняний ПАТ

«Завод «Фрегат». Всього заводом розроблено по 14 модифікацій ДМ фронтальної і кругової дії та 8 модифікацій фронтально-кругової (іподромні), які забезпечують полив сільськогосподарських культур у різних природно-кліматичних умовах (табл. 2-3).

Разом з цим, для сучасних ДМ залишається відкритим питання невідповідності розрахункового гідромодуля (рівня водозабезпеченості) зрошуваних площ у південному регіоні України, який було закладено при створенні магістральних і розподільчих каналів крупних зрошувальних систем, питомим витратам сучасних ДМ. Ця невідповідність загострилась в останні десятиліття не тільки змінами клімату, але й появою високопродуктивних сортів і гібридів зернових і зернобобових культур та зміною структури сівозмін: на місце 7-14 – пільних сівозмін прийшли короткоротаційні, 3-4 і, навіть, 2-пільні. Такі сівозміни не дозволяють раціонально комплектувати ординату графіка гідромодуля сівозміни, у зв'язку з чим ця ордината наближається до питомої витрати ДМ.

## 2. Основні параметри фронтально-кругових (іподромних) ДМ «Фрегат»

Модифікація машини	Середня інтенсивність дощу за довжиною ДМ, мм/хв	Витрата води, л/с		Площа поливу розвороту, га		Мінімальна норма поливу за один розворот, м <sup>3</sup> /га		Тиск води на вході в ДМ, МПа		Радіус поливу розвороту, м	
		А*	Б**	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
ДМФ-Е-А3-203-75	0,63	36	45	7,0	8,9	115	115	0,19	0,31	211,6	238,0
ДМФ-Е-А10-622-75	0,45	75	75	62,5	67,5	90	83	0,41	0,53	630,9	655,8

\* - ДМ без кінцевого дощувального апарата;

\*\* - ДМ з кінцевим дощувальним апаратом.

## 3. Основні параметри модифікацій ДМ «Фрегат» ДМФЕ

Модифікація ДМ	Кількість прольотів	Довжина ДМ, м	Середня інтенсивність дощу за довжиною ДМ, мм/хв	Витрата води, л/с		Тиск води на вході в машину, МПа		Радіус або ширина поливу, м		Мінімальна норма поливу, м <sup>3</sup> /га	
				А*	Б**	А	Б	А	Б	А	Б
<i>Кругової дії</i>											
ДМФ-К-А3-203-36	3	203,6	0,63	36	45	0,19	0,31	211,6	238,0	110	115
ДМФ-К-А10-622-90	10	622,9	0,53	90	90	0,51	0,63	630,9	657,3	119	108
ДМФ-К-Б6-348-61	6	348,2	0,64	61	70	0,22	0,34	356,2	382,6	108	125
ДМФ-К-Б11-589-103	11	589,2	0,64	103	111	0,30	0,45	597,2	623,6	130	130
<i>Фронтальної дії</i>											
ДМФ-Ф-А3-203-75	3	203,1	1,33	75		0,22	0,33	211,1	237,5	142	126
ДМФ-Ф-А10-622-75	10	622,4	0,45			0,33	0,44	630,4	647,1	48	46
ДМФ-Ф-Б6-348-110	6	347,7	1,16	110		0,24	0,36	355,7	382,1	124	115
ДМФ-Ф-Б11-612-110	11	612,1	0,76			0,29	0,40	620,1	640,7	71	68

\* - дощувальні машини без кінцевого дощувального апарата;

\*\* - дощувальні машини з кінцевим дощувальним апаратом.

Застосування високопродуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур і зміни клімату призвели до збільшення на 20-40 % норми зрошення на фоні збільшення сумарного водоспоживання [4]. Це, відповідно, вимагає проведення додаткових 2-3 поливів порівняно з їх кількістю при зрошенні аналогічних культур у 80-90-ті роки минулого століття. Отже, виникає ситуація, коли ДМ не спроможні підтримувати оптимальний рівень вологості ґрунту в особливо напружені за метеорологічними показниками періоди вегетації зрошуваних культур. Враховуючи, що екологічно безпечні і науково обґрунтовані норми вегетаційних поливів переважної більшості зрошуваних культур становлять 300-400 м<sup>3</sup>/га [5], такі умови виникають вже за збільшення водоспоживання на 10 % (табл. 4). Отже, між-

поливний період за збільшення водоспоживання на 10 % збільшується на одну добу, а на 20 % – на дві, залежно від ґрунтових умов і зрошуваних культур.

Виходом з цієї ситуації може бути застосування в напружені періоди частково зменшених та превентивних (випереджаючих) поливів, що призведе до зменшення міжполивного періоду, але наблизить рівень вологості до оптимального. Разом з цим, такі заходи не допустять глибокого стресу та часткової загибелі рослин. Слід відзначити, що подальше застосування все більш високоврожайних сортів і гібридів сільськогосподарських культур буде вимагати подальшого скорочення міжполивного періоду та збільшення гідромодуля системи (табл. 5).

Нині вже існує спосіб поливу, який дозволяє проводити зрошення на так званій компенсаційній

#### 4. Сезонне навантаження сучасних ДМ залежно від тривалості міжполивного періоду та виду с.-г. культури, га

Показники	Тип ДМ				
	«Фрегат» ДМУ-Бнм	Zimmatic 434 М	Zimmatic 354 М	«Фрегат» ДМФЕ	Irrimec MF 3-110 TG 600
Витрата води, л/с (м <sup>3</sup> /год.)	72,0 (259,2)	77,3 (278,3)	81,4 (293,04)	75,0 (270)	14,0 (50,4)
Робоча ширина захвату, м	480,5	434,0	354,0	454,0	50,0
Інтенсивність дощу, мм/хв.	0,61	1,10	1,10	0,83	0,43
Продуктивність, га за годину основного часу (m = 600 м <sup>3</sup> /га)	0,432	0,464	0,488	0,45	0,084
<b>Сезонне навантаження, га</b>					
<i>Пшениця озима</i>					
Міжполивний період 7 діб	82,1	88,2	92,9	85,6	16,0
Міжполивний період 6 діб	70,4	75,6	79,6	73,3	13,7
Міжполивний період 5 діб	58,7	63,0	66,3	61,1	11,4
<i>Кукурудза на зерно, соя</i>					
Міжполивний період 7 діб	73,0	78,4	82,5	76,0	14,2
Міжполивний період 6 діб	62,6	67,2	70,8	65,2	12,2
Міжполивний період 5 діб	52,2	56,0	59,0	54,3	10,1

#### 5 Залежність питомих витрат води (гідромодуля) ДМ від тривалості міжполивного періоду та виду с.-г. культури, л/(с×га)

Показники	Тип ДМ				
	«Фрегат» ДМУ-Бнм	Zimmatic 434 М	Zimmatic 354 М	«Фрегат» ДМФЕ	Irrimec MF 3-110 TG 600
<i>Пшениця озима</i>					
Міжполивний період 7 діб	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Міжполивний період 6 діб	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Міжполивний період 5 діб	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23
<i>Кукурудза на зерно, соя</i>					
Міжполивний період 7 діб	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Міжполивний період 6 діб	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Міжполивний період 5 діб	1,38	1,38	1,38	1,38	1,39



основі – тобто практично безперервно. Поряд з дощуванням, яке, як вже наголошувалось, є основним способом зрошення в Україні, з 80-х років минулого століття почав розвиватись інший спосіб поливу – краплинне зрошення, яке є одним із різновидів мікрозрошення [6]. Основною відмінністю краплинного зрошення від інших видів поливу є, як правило, локальне зволоження ґрунту в зоні розташування основної маси кореневої системи рослин та подача води малими дозами під відносно невеликим тиском (порівняно з дощуванням та мікродощуванням). За краплинного зрошення створюються також оптимальні умови для подавання разом із поливною водою добрив, мікроелементів, хімірегентів, регуляторів росту і, відповідно до потреб рослин, засобів захисту рослин. Висока економічна ефективність та екологічна безпека краплинного зрошення сприяє його поширенню в світі. За оцінками Міжнародного комітету з іригації і дренажу (МКІД) сьогодні локальними способами поливу зрошують понад 12 млн га.

В Україні з 2002 р. по 2013 р. площі краплинного зрошення зросли майже у 15 разів, а у 2014-2015 рр. скоротились через анексію Криму (рис. 2).

Переваги краплинного зрошення перед традиційними способами зрошення (дощуванням, поверхневим поливом) відомі давно, отож варто відзначити, що завдяки відповідності технологій краплинного зрошення двом взаємопов'язаним умовам сталого розвитку – високій економічній ефективності та екологічній безпеці – воно набуло практично безальтернативного застосування для поливу овочевих, плодкових культур і виноградних насаджень. Зазначимо, що в Україні, у переважній більшості, маємо на сьогодні зріле розуміння аграріями технологій краплинного

зрошення та максимальне використання можливостей цього способу поливу.

Польовими дослідженнями, які проведено нами у зоні Степу з 2004 по 2015 рр., було встановлено такі ключові особливості застосування локального зрошення у технологіях вирощування просапних с.-г. культур [7]:

- найвищу продуктивність просапних культур забезпечує діапазон зволоження з вузьким інтервалом від 85 до 95 % від НВ, що передбачає проведення поливів відносно невеликими нормами за одночасного скорочення міжполивних періодів;

- підтримання високих рівнів зволоження обумовлює зростання як фізичного випаровування, так і транспірації (сумарного водоспоживання), для покриття яких у різні за вологозабезпеченістю роки необхідно 3,3-4,1 тис. м<sup>3</sup>/га для овочів та 3,8-5,4 тис. м<sup>3</sup>/га для просапних культур (кукурудза, буряк, соя);

- потенціал врожайності с.-г. культур за краплинного зрошення у 1,5-3,5 рази вищий, ніж за дощування, що на підставі розрахунків дозволяє зробити висновок про економію питомих витрат води на формування одиниці врожаю.

Перераховані особливості, а також параметри максимального добового водоспоживання, яке для різних просапних культур в умовах Степу становить від 8,0 до 12,5 мм, безпосередньо впливають на гідромодулі систем краплинного зрошення (СКЗ) (табл. 6).

Аналіз засвідчує, що за поливу багаторічних насаджень нормами зрошення від 588 до 1200 м<sup>3</sup>/га гідромодулі СКЗ становлять від 0,26 до 0,39 л/(с×га), а за поливу овочів нормами 3,9-4,2 тис. м<sup>3</sup>/га – 1,22-1,26.

Слід зазначити, що реалізація інтенсивних режимів зрошення, направлених на підтримання опти-

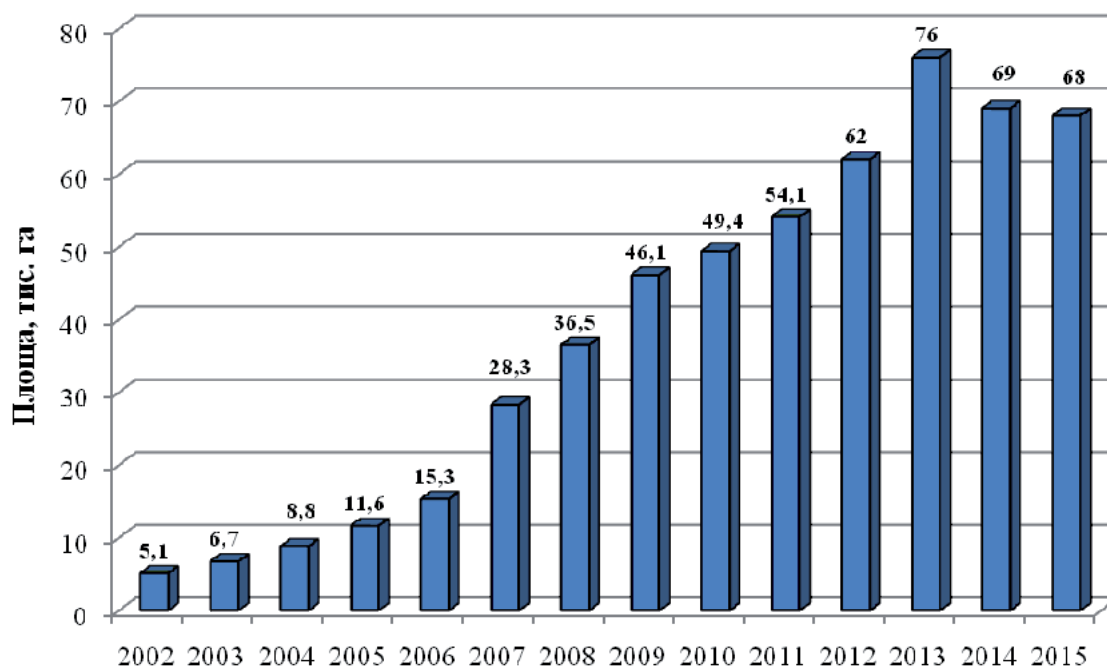


Рис. 2. Динаміка площ краплинного зрошення в Україні (2014-2015 рр. – без урахування АР Крим)

## 6. Залежність гідромодулів СКЗ від фактичних норм зрошення

Місцезнаходження СКЗ	Площа зрошення, га	Витрата напосу, л/с	Норма зрошення, м <sup>3</sup> /га	Кількість модулів зрошення	Гідромодуль, л/(с×га)
<i>СКЗ багаторічних насаджень</i>					
АР Крим, Первомайський р-н	22,94	5,96	1200	7	0,26
Закарпатська обл., Ужгородський р-н	15,60	5,80	540	3	0,37
Черкаська обл., Чигиринський р-н	77,00	20,79	900	5	0,27
Вінницька обл., Тиврівський р-н	79,26	20,61	588	10	0,26
Волинська обл., Іваничівський р-н	13,26	5,17	780	6	0,39
Київська обл., Васильківський р-н	13,30	4,52	660	9	0,34
<i>СКЗ овочевих культур</i>					
Херсонська обл., Голопристанський р-н	48,5	61,1	4200	8	1,26
Миколаївська обл., Жовтневий р-н	263,2	32,6	3900	32	1,22

мальної вологості ґрунту у вузькому діапазоні для отримання врожайності овочів на рівні 80-100 т/га, не може бути забезпечена більшістю технічних засобів систем дощування.

Крім умовної економії поливної води краплинне зрошення, порівняно з системами дощування, є більш енергоощадливим завдяки тому, що СКЗ працюють за більш низького тиску. Суттєвим фактором підвищення ефективності застосування краплинного зрошення є можливість дозованого внесення добрив і засобів захисту рослин з поливною водою. Ефект отримання високих урожаїв різних культур за краплинного зрошення носить синергетичний характер, коли підсумковий результат дії декількох факторів суттєво перевищує окрему дію цих факторів. У зв'язку з цим краплинне зрошення знаходить подальше розширення сфери свого застосування для поливу таких культур як кукурудза, соя, рис, буряк цукровий, соняшник, лікарські та ефіроолійні культури, виступаючи як основна складова інтенсивних агротехнологій сьогодення.

Одним з важливих питань, які мають бути вирішені при реалізації проектів з відновлення зрошення в Україні, є водозабезпечення зрошувальних систем з урахуванням сучасних інтенсивних агротехнологій і змін клімату. Адже фактично ми не в змозі змінити характеристики вже функціонуючих магістральних і розподільчих каналів існуючих зрошувальних систем, у зв'язку з чим потрібно раціонально планувати водорозподіл. За цього, насичення зрошуваних масивів СКЗ з більш низьким гідромодулем дасть можливість ширше використовувати на інших площах сучасну ДТ з більш високим гідромодулем.

**Висновок.** Ціла низка факторів, а саме:

- тенденції змін клімату у бік посушливості;
- розпаювання зрошуваних земель;
- принципова зміна структури посівних площ;
- використання високопродуктивних сортів і гібридів с.-г. культур;
- зростання вартості послуг на подачу води вимагають кардинально нових підходів при проектуванні

та експлуатації систем поливу в частині реалізації режимів зрошення. При підготовці ТЕО проектів будівництва, модернізації чи реконструкції систем зрошення слід всебічно аналізувати перелічені фактори, а також враховувати існуючі тенденції розвитку цих процесів.

**Бібліографія**

1. Іващенко О.О. Напрями адаптації аграрного виробництва до змін клімату / О.О. Іващенко, О.І. Рудник-Іващенко // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 8. – С. 10-13.
2. Влашук А.М. Реакція кукурудзи на зрошення / А.М. Влашук, Д.П. Войташенко, Т.В. Глушко // *The Ukrainian Farmer*. – 2014. – № 5 (53). – С. 46-50.
3. Коваленко П.И. К вопросу повышения эффективности использования дождевальных машин позиционного действия / П.И. Коваленко, Б.И. Конаков // – Мелиорация и водное хозяйство: Вып. 41. – 1977. – С. 11-16.
4. Філіпенко Л.А. Адаптація планів водокористування до змін кліматичних умов у зоні зрошення України / Л.А. Філіпенко, О.І. Жовтоног, Т.Ф. Деменкова // *Водне господарство України* – 2010. – № 4. – С. 23-29.
5. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України: колективна монографія / за наук. ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, В.А. Сташука. – К.: Аграрна наука, 2009. – 624 с.
6. Ромащенко М.І. Зрошувати? – Так! Але яким чином? / М.І. Ромащенко, Б.І. Конаков // *Пропозиція*. – 2007. – № 7. – С. 112-115.
7. Краплинне зрошення /Навчальний посібник// за редакцією академіка НААН М.І. Ромащенко та професора А.М. Рокочинського – Рівне, НУВГП, 2015. – 298 с.

**М.И. Ромащенко, А.П. Шатковский, Б.И. Конаков, В.В. Бабицкий, В.В. Васюта**

**Дождевание и капельное орошение: особенности использования в современных условиях**

*Освещено текущее состояние и особенности применения дождевальной техники и систем капельного орошения в современных условиях. Приведены факторы, которые должны быть учтены при восстановлении и развитии орошения в Украине.*

**M.I. Romashchenko, A.P. Shatkovsky, B.I. Konakov, V.V. Babitsky, V.V. Vasyuta**

**Sprinkling and drip irrigation: application features under current conditions**

*The article deals with the current state and use of sprinkler equipment and drip irrigation systems in modern conditions. Authors show the factors to be taken into account when restore and develop irrigation in Ukraine.*

УДК 556.182:556.3:631.621

## РЕЖИМ ПІДЗЕМНИХ ВОД У РАЙОНІ МОЖЛИВОГО ВПЛИВУ КАР'ЄРУ «ХОТИСЛАВСЬКИЙ» НА ПОЧАТОК РОЗРОБКИ МЕРГЕЛЬНО-КРЕЙДЯНИХ ВІДКЛАДІВ

О.О. ДЯТЕЛ,

О.В. ЦВЕТОВА, О.В. ТУРАЄВА

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Розглянуто питання режиму підземних вод у районі можливого впливу кар'єру «Хотиславський» на початковому етапі розробки другої черги експлуатації. Наводиться детальний аналіз режиму рівнів ґрунтових вод за даними рекогносцирувальних спостережень.*

**Ключові слова:** водовідлив, фонові і критичні характеристики, рівні ґрунтових вод, амплітуда коливань РГВ, меліоративний стан

**Постановка питання.** Систематична оцінка змін режиму підземних вод у зоні впливу при роботі Хотиславського кар'єру, розташованого в Білорусі у 250 м від кордону з Україною, дозволяє визначити масштаби впливу розробки кар'єру будівельних матеріалів на водні ресурси зони Полісся та вжити заходи для попередження цього впливу.

**Методика проведення робіт** – рекогносцирувальне обстеження існуючої моніторингової мережі, контрольні заміри рівнів ґрунтових вод, гідрологічні заміри, відбір проб води на хімічний аналіз, проходження шурфів з відбором проб ґрунту.

**Результати досліджень.** Основний вплив Хотиславського кар'єру – це водовідлив при його розробці, що може призвести до зміни балансу у водній складовій регіону (поверхневих, ґрунтових і напірних водах).

Оскільки територія досліджень зазнала раніше (у 70-ті роки минулого сторіччя) активного антропогенного впливу в результаті проведення меліоративних (осушувальних) робіт – були зафіксовані зниження рівнів підземних (ґрунтових) вод, зміни річних амплітуд їх коливань, характерні зміни хімічного складу ґрунтових вод і водних витяжок ґрунтового розчину, а також поступова стабілізація цих показників на новому рівні. У зв'язку з цим, оцінка сучасних параметрів природних складових ґрунтових і напірних вод та ґрунтів буде відображати зміни, що відбуваються не відносно вихідних (природних) станів, а відносно сформованих пізніше меліоративних заходів (осушувальних робіт).

Для визначення фонових і критичних характеристик складових природного середовища, з початком першого етапу робіт на кар'єрі «Хотиславський» в 90-ті роки, були використані режимні дані по так званій «реперній» ділянці (сmt Ратно), де спостереження за природними складовими ведуться з 50-х років ХХ сторіччя, а також моніторингова мережа в зоні можливого впливу Хотиславського кар'єру на території України. Дані показники є базою для порівняння їх із можливими змінами в майбутньому, тобто при розробці мергельно-крейдяних відкладів.

Порівнюючи сучасні спостережні дані з даними 70-80-х рр. (до початку роботи кар'єру), спостері-

гаємо помітні відмінності. Наприклад, амплітуда коливань як ґрунтових, так і напірних вод значно зменшилася через різні причини, тому відлік критичної величини (зниження рівня ґрунтових вод), тобто збільшення амплітуди на 1 м, слід рахувати від сучасної величини.

Для території, що розглядається, амплітуду слід вважати критичною, якщо її величина на 1 м і більше тієї, яка спостерігалася у 1993-94 рр., для свердловини 7 – 1,31 м, 7а – 0,73 м, 15 – 0,97 м, 15а – 1,14 м. Виходячи з існуючих даних, сучасна амплітуда коливань рівнів води (2015 р.) у спостережних свердловинах не перевищує критичної величини (св. 7 – 1,37 м; 7а – 0,47 м; 15 – 0,35 м; 15а – 1,0 м) (табл. 1, рис. 1) як на прилеглий до кар'єру території, так і порівняно з амплітудами у свердловинах «реперної» ділянки.

Наступним важливим показником, що може відображати можливий вплив кар'єру, слід вважати величину зниження рівнів ґрунтових вод на осушувальних системах, розташованих у зоні його впливу, (табл. 2) – Гутянської, Турської, Заболотівської.

Як бачимо (табл. 2), сучасні рівні на осушувальних системах нижчі за фонові, але ж близькі до критичних у межах Гутянської сільської ради в серпні. У межах Заболотівської сільської ради зниження рівнів ґрунтових вод відбувалося інтенсивніше у верхів'ях. Це більш пов'язано з невеликою кількістю атмосферних опадів (VI – 76 мм (22% від норми), VII – 53 мм (65% від норми), VIII – 4 мм (61% від норми), високими середньодобовими температурами (на 0,2° – червень, 1,0° – липень, 4,4° – серпень), низькою вологістю повітря, що, у свою чергу, призводить до значного зниження РГВ у зв'язку з випаровуванням вологи.

Найменша амплітуда коливань спостерігається в червні і серпні, а найбільша у вересні. У другій декаді липня випали незначні опади, що вплинуло на інтенсивність зниження РГВ. Режимні спостереження на осушувальних системах, наприклад на Заболотівській, у межах Гутянської, Заболотівської та Заліської сільських рад (рис. 2) повинні бути постійними.

1. Амплітуди коливання рівнів напірних і ґрунтових вод

Рік	Опади	Амплітуда коливань рівнів підземних вод по свердловинах, м			
		7	7а (крейдяна)	15	15а (крейдяна)
1996	527	1,67	1,45	0,75	0,76
2008	646,3	0,4	0,39	0,31	0,32
2009	747,0	0,26	0,19	1,18	1,24
2010	700,0	0,24	0,07	0,71	0,83
2013	692,4	0,30	0,1	0,56	1,1
2014	620,6	0,13	0,02	0,80	0,17
2015 (I-X місяці)	341,1	1,3	0,47	0,35	1,01
Критична		1,31	0,73	0,97	1,14

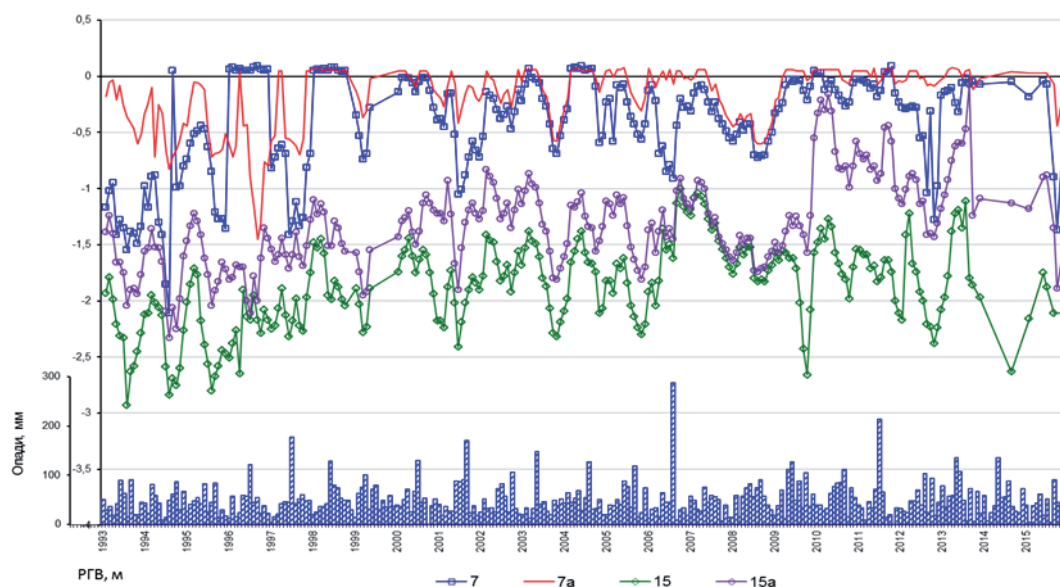


Рис. 1. Графіки коливань рівнів підземних вод у свердловинах 7 і 7а та 15 і 15а

2. Фонові і критичні показники рівневого режиму ґрунтових вод на Заболотівській осушувальній системі в зоні можливого впливу кар’єру

Сільська рада	Критерій оцінки (показник)	Параметри екологічного стану							
		фонові	критичні	до 2009 р.	сучасні				
					2010 р.	вегетаційний період 2015 р.			
				VI		VII	VIII	IX	
Заболотівська	Рівень ґрунтових вод	0,86	1,7-2,0	0,87	0,72	0,27-2,06	0,41->2,0	0,42->2,0	0,30-2,30
Амплітуда коливань						1,79	1,59	1,58	2,0
Гутянська		1,13	1,17-2,25	0,66	0,63	0,31-1,76	0,40->2,0	0,55-2,0	0,41-2,40
Амплітуда коливань						1,45	>1,60	1,45	1,99

За даними моніторингу в 112 і 77 свердловинах (рис. 2) на Заболотівській осушувальній системі в літній період 2015 р. встановлені не тільки рівні і їх амплітуди коливань (табл 2), але і їх відображення на меліоративному стані земель. При цьому в межах Гутянської сільської ради земель з несприятливим станом менше, ніж у межах Заболотівської сільської ради (табл. 3, 4).

Але протягом літа меліоративний стан земель переважно «сприятливий» і «задовільний». Слід при цьому відзначити, що на окремих ділянках осушувальної системи Заболотівської сільської ради (прилеглі до спостережних свердловин 21-24, 65-70 та інші) рівні ґрунтових вод постійно знаходяться

нижче 1 м, хоча розташовані не на підвищеннях у рельєфі.

Постійно підвищені рівні, наприклад у свердловин 28, 29 (рис. 2), можна зв'язати з їх розташуванням в окремих пониженнях. Такі ділянки з аномально низькими рівнями в межах можливого розвитку депресійної воронки при водовідливі з кар'єру повинні бути під постійним спостереженням із подальшим аналізом результатів.

**Висновки.** На основі проведених досліджень встановлено, що рівні ґрунтових та напірних вод у колодязях і свердловинах при розробці кар'єру практично не змінилися і залежать, переважно, від природних чинників, а саме кількості атмосфер-

### 3. Меліоративний стан на Заболотівській осушувальній системі по Гутянській сільській раді

Місяць	Сприятливий		Задовільний		Несприятливий	
	га	%	га	%	га	%
Червень	731,14	85,62	122,52	14,34	0,34	0,04
Липень	791,88	92,73	62,12	7,27	0,0	0,0
Серпень	550,08	64,41	303,92	35,59	0,0	0,0

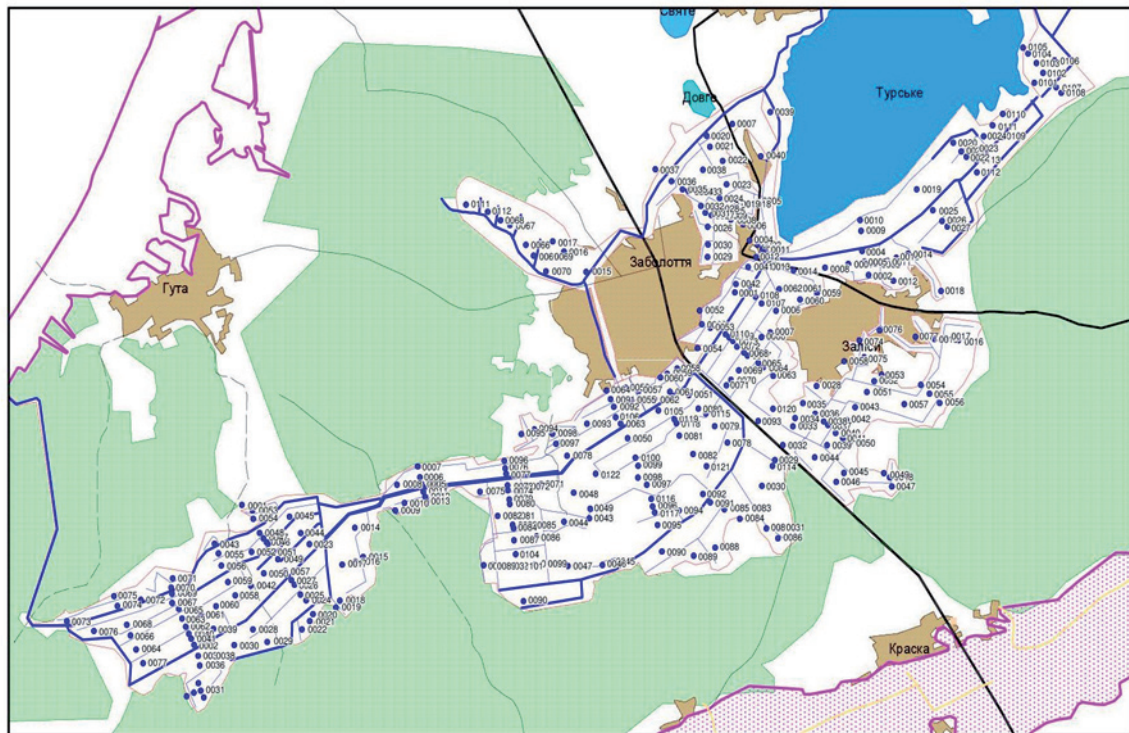


Рис. 2. Схема розташування моніторингової мережі спостережних свердловин Заболотівської осушувальної системи Ратнівського району

### 4. Меліоративний стан на Заболотівській осушувальній системі по Заболотівській сільській раді

Місяць	Сприятливий		Задовільний		Несприятливий	
	га	%	га	%	га	%
Червень	697,59	69,96	288,36	28,93	11,05	1,11
Липень	531,95	53,36	464,46	45,58	0,59	0,06
Серпень	284,97	28,58	712,03	71,42	0,0	0,0

них опадів. Амплітуда коливань ґрунтових вод не перевищує критичної величини як на прилеглій до кар'єру території, так і порівняно з амплітудами у свердловинах «реперної» ділянки.

Рівні підземних вод у свердловинах, колодязях і на осушувальних системах у 2015 р. понизилися, що відображає, в першу чергу, метеоумови року, а саме – кількість опадів та підвищену випаровуваність при високих температурах повітря. За останні два роки не спостерігається тенденція до зниження рівнів ґрунтових вод і зміни амплітуди їх коливань.

На даний момент відсутні дані по Білорусі, що підтверджують зниження рівнів підземних вод у зв'язку з водовідливом із кар'єру.

#### Бібліографія

1. Заявление о воздействии на окружающую среду планируемой хозяйственной деятельности «Разработка меловой залежи месторождения "Хотиславское" (II очередь) в Малоритском районе Брестской области» / исполнители : РУП «ЦНИИКИВР» и ГНПО «НАН Беларуси по биоресурсам». – Минск : [б. и.], 2009. – С. 12.
2. Зузук Ф.В. Вірогідність впливу розробки Хотиславського родовища крейди на заповідні екосистеми Волині / Ф. В. Зузук, В. Г. Мельничук, І. І. За-леський - Наукові видання СХУ ім. Лесі Українки. // Природа Західного Полісся та прилеглих територій №9. – Луцьк, 2012. – с.3-11.
3. Система наблюдений (мониторинг) в зоне возможного влияния Хотиславского карьера / Кол. авторов под ред. В.Е. Алексеевского. –К.: – Минск, 1994. – 35 с.
4. Моніторинг поверхневих вод Волинського Полісся / О.В. Цветова, М.М. Федотов, О.В. Тураєва, О.А. Слищенко // Матеріали всеукраїнської конференції «Шляхи збереження та відновлення рибництва та водних екосистем у Поліському регіоні». – Рівне, 2011. – с.205-213.
5. Моніторинг природних вод у зоні можливого впливу кар'єру «Хотиславський» / О.В. Цветова, М.М. Федотов, О.В. Тураєва, І.А. Демида // Меліорація і водне господарство. – Випуск 99. – Київ: Аграрна наука, 2012.
6. Цветова О.В. Вплив Хотиславського кар'єру будівельних матеріалів на водні ресурси регіону / О.В. Цветова, О.О. Дятел // I Наукова конференція «Проблеми гідрогеології на сучасному етапі», присвячена пам'яті професора Харківського університету І. К. Решетова: матеріали наукової конференції. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. – С. 79-80.

**А.А. Дятел, Е.В. Цветова, О.В. Тураєва**

#### **Режим подземных вод в районе возможного влияния карьера «Хотиславский» в начале разработки мергельно-меловых обложений**

*Рассмотрены вопросы режима подземных вод в районе возможного воздействия карьера «Хотиславский» на начальном этапе разработки второй очереди эксплуатации. Приводится детальный анализ режима уровней грунтовых вод по данным рекогносцировочных наблюдений.*

**A.A. Diatel, O.V. Tsvyetova, O.V. Turaeva**

#### **Groundwater regime in the area of possible impact of "Hotyslavskyy» career at the beginning of the development of loam and chalky deposits**

*The article deals with the question of the regime of groundwater in the area of the possible impact of career "Hotyslavskyy" at the initial stage of development of the second stage of operation. The detailed analysis of the regime of groundwater levels according reconnaissance observations.*

УДК 631.63:556.5:528.852

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАСЕЙНУ РІЧКИ ГОРИНЬ ЗА ДАНИМИ РАДАРНОЇ ЗЙОМКИ SRTM ЗАСОБАМИ ARCGIS

А.Є. БОНДАР \*

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Розглянуто питання просторового моделювання території річкового басейну Горині. Наводиться детальний алгоритм геомоделювання даного басейну засобами ArcGIS за даними супутникової радарної зйомки SRTM (1 arc-second). Побудовано ряд моделей, які характеризують рельєф і річковий стік у межах басейну р. Горинь.*

**Ключові слова:** ГІС/ДЗЗ, річковий басейн, цифрова модель рельєфу, гідрографічне моделювання

**Постановка питання.** Інформація про форму земної поверхні може використовуватись у різних галузях економіки, наприклад: будівництві, екології, водному господарстві. Дана інформація має важливе значення для розуміння принципів руху води на поверхні, а також впливу господарської діяльності на зміни водності річок у тому чи іншому районі [1].

У даному випадку в якості вихідних даних для геоінформаційного моделювання використовуються цифрові моделі рельєфу Shuttle radar topographic mission (SRTM) – радарна топографічна зйомка більшої частини території земної кулі, за виключенням самих північних та південних широт, а також океанів. SRTM має свої характеристики (табл. 1) та призначена для наукового використання у поєднанні із ГІС технологіями або іншими спеціальними програмними продуктами.

Уперше дана зйомка була виконана протягом 11 діб у лютому 2000 р. за допомогою спеціальної радарної системи – двома радіолокаційними сенсорами SIR-C та X-SAR, якими було зібрано більш як 12 терабайтів даних.

Спочатку планувалося поширення даних (Level 2) із максимальною роздільною здатністю 30 метрів (1 arc-second), але у зв'язку з тодішніми подіями і загрозою тероризму було прийнято рішення поширювати генералізовані дані (Level 1) із роздільною здатністю 90 метрів (3 arc-second) на всю відзняту територію, крім території США, на яку дані поширюються із максимальним розрізненням. На деякі території США (загальною площею 50 000 км<sup>2</sup>)

зйомка взагалі не проводилася, що мабуть також пов'язано із питаннями національної безпеки. Але 24 вересня 2014 р. почався випуск цифрових моделей рельєфу SRTM із розширенням 30 метрів (1 arc-second). Обробка даної інформації триває дотепер та доступна користувачам [2, 3].

Розділення території на басейни річок одна з найбільш типових операцій у гідрологічних і екологічних дослідженнях. Річкові басейни можуть виступати у якості основної територіальної одиниці при районуванні територій, оцінки рівня антропогенного навантаження, інтенсивності ерозійних процесів тощо. Оскільки річковий басейн – це природно-господарська система, або екосистема у природних і штучних одиницях, тому застосування басейнового підходу географічно і екологічно обґрунтовано [4, 5].

Для якісного опису і числового моделювання гідрологічних систем нині розроблено велику кількість підходів і відповідних математичних моделей. Проте, вказані підходи не мають універсального характеру і орієнтовані на моделювання конкретних річкових водозборів або ж окремих процесів, які формують річковий стік [6].

**Результати досліджень.** Основною метою виконання даного дослідження є апробація методики геоінформаційного моделювання річкового басейну за даними супутникових радарних знімків для визначення ступеня кількісного виснаження водних ресурсів річок різних природо-кліматичних зон під впливом господарської діяльності в сучасних

### 1. Основні характеристики SRTM

Проекція – географічна
Горизонтальні датуми – WGS 84
Вертикальні датуми – EGM96 (гравітаційна модель Землі 1996) еліпсоїд
Вертикальні одиниці – метри
Просторове розрізнення – 1 arc-second (30 метрів) 3 arc-second (90 метрів)
Розмір растру – одноступенева плитка
Довжина хвилі – 5,6 см

\* під науковим керівництвом канд. техн. наук, с.н.с. Шевчука С.А.



умовах при гідрологічних розрахунках норми природного річкового стоку для водогосподарського проектування.

В якості об'єкта моделювання обрано басейн р. Горинь від витіку до гідрологічного поста Дубровиця (площа басейну  $F_{\text{бас}} = 12\,000\text{ км}^2$ ).



*витік р. Горинь*

За основними кількісними критеріями р. Горинь відноситься до середніх річок і є однією з найбільших правих приток р. Прип'ять. Річка Горинь починається з Кременецьких висот (N49°53'19.40» E25°29'17.20»), протікає північною околицею Волино-Подільської височини та Поліською низовиною. Впадає у р. Прип'ять із правого берега на 412 км від її гирла, за 14 км нижче м. Давид-Городок (Білорусь). Басейн Горині межує на заході з басейном Стиру, на сході з басейнами Уборті і Ствиги, на півдні – із басейном Дністра. Приблизно 1/6 площі водозбору займають лісові масиви.

В адміністративному відношенні р. Горинь знаходиться в межах двох країн: Білорусь – 80 км та Україна – 639 км. На території України протікає

Тернопільською, Хмельницькою та Рівненською областями.

За допомогою програмних забезпечень Google Earth та ArcGIS було виконано ряд операцій щодо уточнення гідрографічних характеристик басейну Горині (табл. 2), а саме: довжини річки, падіння річки, коефіцієнтів звивистості річки, площі суббасейнів.

Як було відмічено, вихідними матеріалами для моделювання річкового басейну є цифрова модель рельєфу території р. Горинь. Растрова модель містить достатній об'єм інформації для визначення загальної структури мережі річкового стоку і водозбірної області. При цьому, точність даних, отриманих із моделі рельєфу в результаті її обробки за допомогою гідрографічного аналізу, залежить від якості та просторового розрізнення вихідної моделі.

Моделювання гідрологічних характеристик басейну р. Горинь виконувалось засобами програмного забезпечення ArcGIS за допомогою інструмента Hydrology, модуля Spatial Analyst [7].

На першому етапі були побудовані базові морфометричні моделі, що характеризують рельєф території басейну. Гіпсометрична карта відображає висотні відмітки земної поверхні (рис. 1).

За результатами висотного аналізу було встановлено, що абсолютно максимальна точка для даного басейну – 459 м БС, відповідно мінімальна – 120 м БС. Далі растр висот був поступово оброблений функціями гідрологічного моделювання.

У загальному вигляді алгоритм визначення водозбірної території включає такі кроки (рис. 2):

1. Заповнюються пониження рельєфу місцевості. Для виконання цього використовується функція «Fill», за допомогою якої виконується корекція растра (рис. 3, а).

2. Визначається напрям річкового стоку, тобто ідентифікуються комірки, в які буде направлено стік. Для виконання використовується функція «FlowDirection» (рис. 3, б).

## 2. Основні морфометричні характеристики басейну р. Горинь

Відстані, км		Падіння, м/км	
витік – пост Ямпіль	72 (71)	витік – п. Ямпіль	1,48
витік – п. Оженин	240 (223)	витік – п. Оженин	0,67
витік – п. Деражне	421 (379)	витік – п. Деражне	0,44
витік – п. Дубровиця	594 (542)	витік – п. Дубровиця	0,35
витік – гирло	719 (659)	витік – гирло	0,30 (0,33)
Коефіцієнт звивистості		Площі, км <sup>2</sup>	
витік – п. Ямпіль	1,31	до поста Ямпіль	1411 (1400)
витік – п. Оженин	2,49	до поста Оженин	5937 (5860)
витік – п. Деражне	3,66	до поста Деражне	9246 (9160)
витік – п. Дубровиця	2,96		
витік – гирло	2,57	до поста Дубровиця	11917 (12000)

*Примітка: курсивом наведено уточнені характеристики, у дужках – офіційні із довідників*

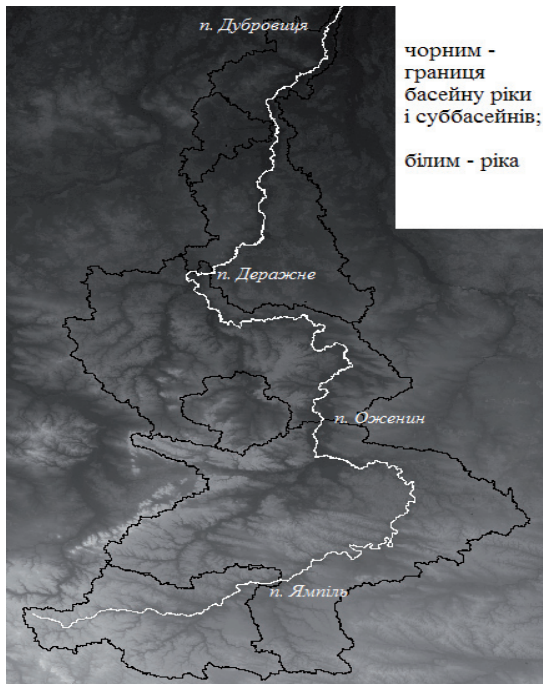


Рис. 1. Гіпсометрична карта басейну р. Горинь

3. Виконується побудова растра акумулятивного стоку в кожен комірку, тобто акумулятивний стік оснований на кількості комірок, із яких здійснюється стік у кожен конкретну комірку у вихідному растрі. Використовується функція «FlowAccumulation» (рис. 3, в).

4. Ідентифікуються комірки водотоку, тобто виділяються комірки зі значеннями акумулятивного стоку вище заданого. Для виконання використовується функція «Conditional» (набір інструментів – Умови), яка визначає коректність значень комірок вхідних даних і комплексного контролю вихідних даних (рис. 3, г).

5. Визначаються водотоки-ланки – сегменти каналу потоків, які зв'язують два поступових вузла – вузол і точку виходу або вузол і точку водо-

розділу. Для виконання використовується функція «SteamLink» (рис. 3, д).

6. Присвоюється порядок кожній ланці мережі річкового стоку, в якій кожен водотік є ланкою мережі та класифікується за присвоєним порядком, який залежить від взаємозв'язку водотоків. Для виконання використовується функція «SteamOrder» (рис. 3, е).

7. Виконується побудова растра, який містить контури усіх водозбірних площ. Використовується функція «Watershed» (рис. 3, є).

У результаті виконаного розрахунку за наведеним алгоритмом побудовано водозбірні басейни різного порядку для кожного елементу гідрологічної мережі на основі цифрової моделі рельєфу досліджуваної місцевості.

Для кращого відображення роботи програмного розрахунку на рис. 3 наведено окрему ділянку басейну р. Горинь – від витoku до першого гідрологічного поста Ямпіль.

**Висновки.** Сучасні цифрові моделі рельєфу SRTM дають змогу більш точно і якісно виконувати комплекс гідрологічних і морфометричних розрахунків, як у даному випадку – уточнено основні морфометричні характеристики басейну р. Горинь. Необхідність застосування даних цифрових моделей рельєфу також обумовлена оновленням бази даних водного кадастру. Досі у довідниках, що використовуються для водогосподарських розрахунків, наведені дані, які отримані на основі карт із масштабом 1:100 000, в той час як на основі SRTM можна будувати карти із масштабами від 1:10 000 до 1:25 000.

Наявна картографічна база і методичний апарат моделювання дозволяють здійснювати побудову карт комплексних морфометричних показників, базисних і остаточних поверхонь, а також інших параметрів рельєфу. Застосування геоінформаційних технологій у водному господарстві має перспективу при проведенні пошукових і проектних робіт та складанні планів управління річковими басейнами.

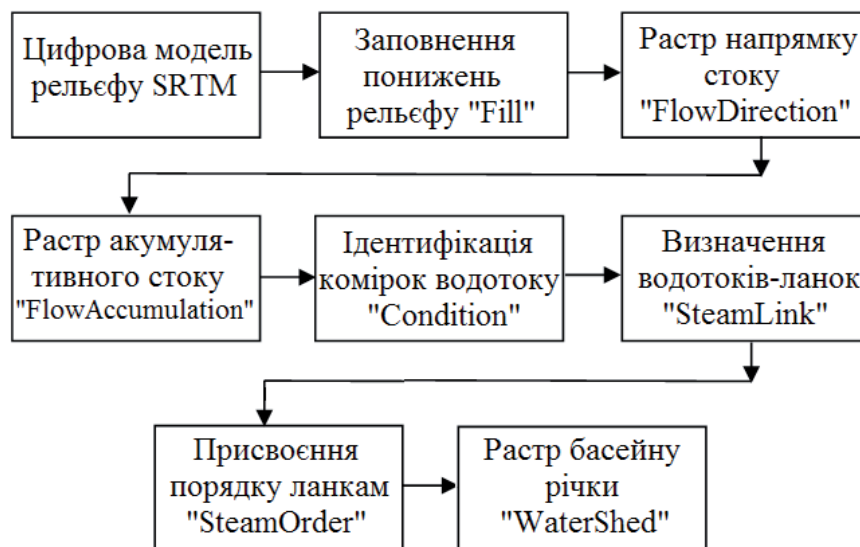


Рис. 2. Алгоритм визначення водозбірної площі басейну р. Горинь

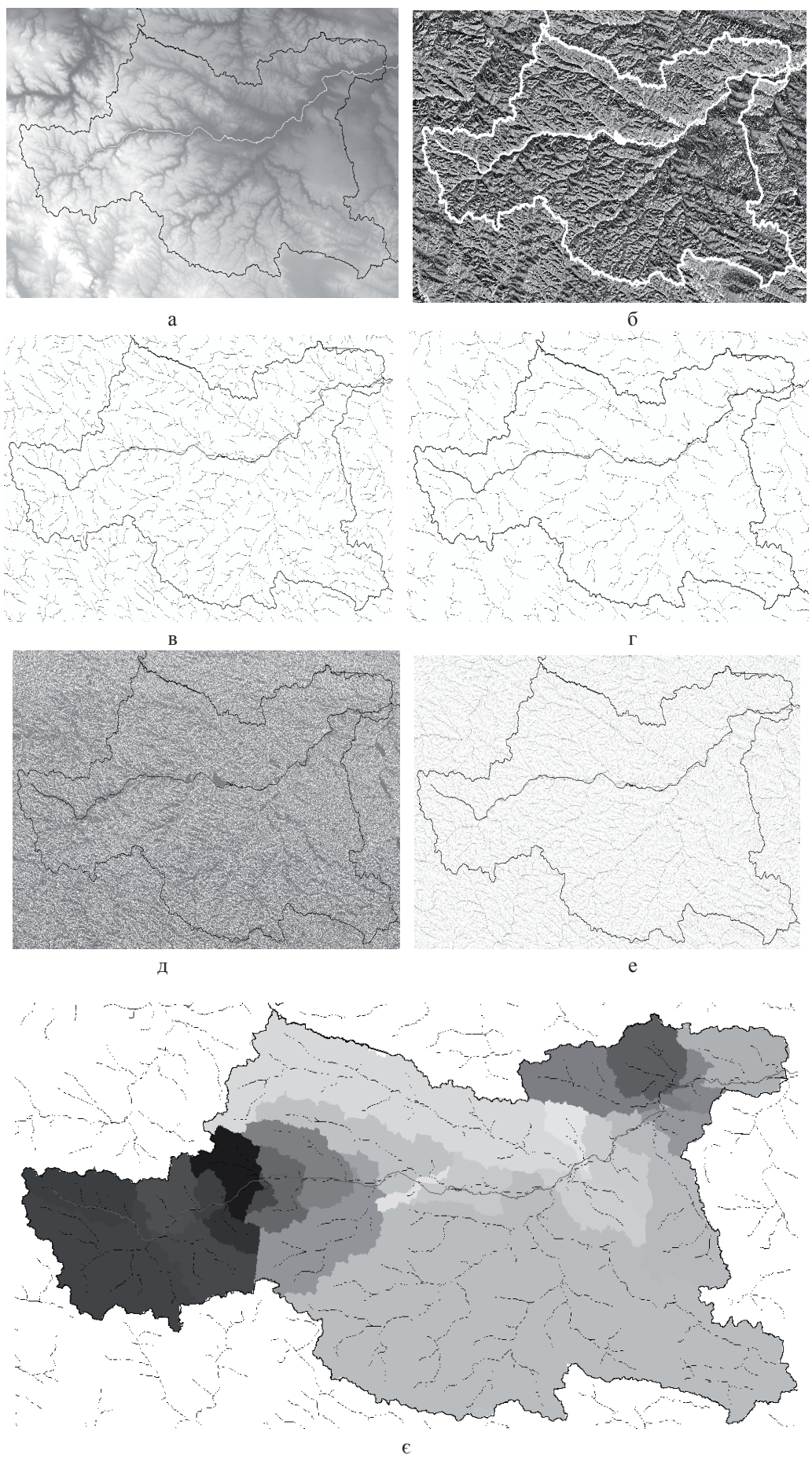


Рис. 3. Покрокове моделювання басейну р. Горинь (витік – п. Ямпіль)

**Бібліографія**

1. Бондар А. Є. Моделювання річкових водозборів для оцінки використання водних ресурсів / А. Є. Бондар, С. А. Шевчук // *Актуальні проблеми гідрогеології: матеріали II наукової конференції*. – Харків: ХНУ ім. Каразіна. 2015. – С. 10 - 11.
2. <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>
3. Шевчук С. А. Перевірка висотної відповідності даних дистанційного зондування землі топографічним картам для проведення гідрологічних та гідрогеологічних розрахунків / С. А. Шевчук, С. М. Ворошинов, О. М. Нестеренко // *Вісник Національного транспортного університету*. – К.: НТУ. 2013. Вип. 28. – С. 552 - 560.
4. Погорелов А. В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований / А. В. Погорелов // *Тебердинский государственный заповедник*. – Кисловодск, 2007. Вып. 45. – 200 с.
5. Maidment D. *Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information System*. – California: Redlands. – 2000. – 232 p.
6. Шевчук С. А. Уточнення гідрографічних характеристик річок з використанням методів ДЗЗ / С. А. Шевчук, В. І. Вишневський, П. О. Бабій // *Вісник геодезії і картографії*. – 2014. № 5. – С. 29 - 32.
7. Павлова А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съёмки SRTM (на примере р. Терешки) / А. Н. Павлова // *Известия Саратовского государственного университета*. – 2009. Т.9. – С. 39 - 44.

**А.Е. Бондар****Геоинформационное моделирование бассейна реки Горынь по данным радарных снимков SRTM средствами ArcGIS**

*Рассмотрены вопросы пространственного моделирования территории речного бассейна Горыни. Приводятся подробные алгоритмы геомоделирования данного бассейна средствами ArcGIS по данным спутниковых радарных снимков SRTM (1 arc-second). Построен ряд моделей, характеризующих рельеф и речной сток в пределах бассейна р. Горынь.*

**А.Е. Bondar****Geoinformation modeling of Goryn river basin according to data of SRTM radar shooting by means of ArcGIS**

*The article deals with the questions of the spatial modeling of Goryn river basin. Provided detailed algorithms geomodeling of this basin by means of ArcGIS according to satellite radar images SRTM (1 arc-second). It has been constructed a number of models that characterize the relief and river flow within the Goryn river basin.*

УДК 666.96

## ВПЛИВ ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЇ ФІБРИ НА ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНИХ РЕМОНТНИХ РОЗЧИНІВ

О.В. КОВАЛЕНКО, канд.техн.наук

А.О. АГЕСЬВ

О.Ю.САКАРА

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

*Наведено результати досліджень фізико-механічних властивостей цементно-піщаних розчинів, модифікованих поліпропіленовою фіброю для ремонту та відновлення залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу*

**Ключові слова:** цементно-піщаний розчин, поліпропіленова фібра, фізико-механічні властивості, реологічні властивості, модифікуючі добавки

**Вступ.** Гідротехнічні споруди (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) в процесі експлуатації під дією механічних, атмосферних, хімічних та інших агресивних факторів зазнають значних руйнувань і з часом втрачають свої проектні характеристики. У зв'язку з цим актуальними є питання ремонту і реконструкції споруд для відновлення їхньої функціональної здатності. За останні десятиріччя спостерігається зростання пошкодженості залізобетонних конструкцій ГТС ВМК. Зниження експлуатаційної надійності залізобетонних ГТС унаслідок їхньої недостатньої стійкості до дії зовнішнього середовища обумовлює необхідність оперативного проведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) із застосуванням нових ефективних ремонтно-захисних композиційних матеріалів.

Одним із напрямків вирішення даної проблеми може бути застосування в практиці РВР дисперсно-армованих ремонтних сумішей на цементному в'язучому, які містять неметалеві армуючі волокна (фібру). У результаті твердіння такі суміші здатні утворювати на пошкодженій поверхні бетону шар розчину з підвищеними фізико-механічними властивостями.

**Аналіз попередніх досліджень.** Фіробетон, як і традиційний бетон, становить собою композиційний матеріал, який додатково включає рівномірно розподілений у структурі композиту волокнистий наповнювач. За рахунок використання дисперсного армування можливо підвищити зносостійкість, тріщиностійкість, водонепроникність та міцнісні показники бетону, в тому числі дрібнозернистого [1-3]. При тонкошаровому нанесенні виникає потреба підвищення тріщиностійкості матеріалу. Тому використання в ремонтно-гідроізоляційних сумішах фібри є перспективним.

Армуючі волокна забезпечують збільшення міцності на розтяг та згин, ударної в'язкості, морозостійкості, деформаційної здатності, тріщиностійкості бетону, компенсацію недоліків фракційного складу, зниження усадки, що виникає під час твердіння бетону, поліпшення тіксотропних властивостей і фіксує здатності бетонних сумішей [4]. Фіброве армування не має суттєвого впливу на міцність бе-

тону на стиск, однак значно підвищує міцність на розтяг та згин [5].

Зважаючи на умови експлуатації ГТС ВМК, для ремонтно-гідроізолюючих розчинів слід застосовувати полімерну фібру, яка не схильна до корозії. Фібра із синтетичних волокон (поліпропіленових, нейлонових, поліефірних, поліамідних, акрилових, поліетиленових) є найбільш дешевою і хімічно стійкою. З усіх видів полімерних волокон найбільш перспективними для ремонтно-гідроізолюючих розчинів є поліпропіленові. Поліпропіленову фібру відрізняє відносно високий модуль пружності (до 8000 МПа), висока хімічна стійкість і міцність на розтяг (до 770 МПа), широкий температурний діапазон застосування [5].

Незважаючи на багаточисленні лабораторні дослідження інформація про вплив концентрації поліпропіленової фібри на властивості цементно-піщаного розчину як матеріалу для ремонту та відновлення бетону ГТС ВМК в науковій літературі обмежена. Метою даної роботи було встановлення впливу поліпропіленової фібри на фізико-механічні властивості традиційних та модифікованих органічно-мінеральною добавкою цементно-піщаних ремонтних розчинів.

**Методика досліджень.** У дослідженнях застосовували матеріали: портландцемент ПЦ 1- 500 ПАТ «Волинь-цемент», пісок річковий Дніпровський з модулем крупності  $M_{кр.} = 1,49$ , мікрокремнезем марки Elkem Microsilica, порошковий полікарбонатний суперпластифікатор марки Sika ViscoCrete 225, волокно армуюче поліпропіленове марки ВАП (фібра) (ТУ У 24.7-32781078-001:2006).

Технічні характеристики поліпропіленової фібри:

- лінійна щільність -  $2...3 \text{ dtex}$ ;
- діаметр -  $18...20 \text{ мкм}$ ;
- довжина -  $4...6 \text{ мм}$ ;
- питома вага -  $0,91 \text{ т/м}^3$ ;
- модуль Юнга -  $3000 \text{ Н/мм}^2$ ;
- міцність на розтяг -  $300 \text{ Н/мм}^2$ ;
- температура розм'якшення -  $160^\circ\text{C}$ .

Суміші готували з використанням ручного низькооборотного електроміксера: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., а потім цю суміш перемішували з водою протягом 5 хв. Цементно-

піщане відношення (Ц:П) для всіх зразків складало 1:3.

Для одержаних розчинових сумішей визначали рухомість  $R$  (см), а для розчину – міцність на стиск  $R_{ст}$  (МПа) і на розтяг при згині  $R_{зг}$  (МПа) згідно ДСТУ Б В. 2.7–239:2010 «Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ)». Міцність на розтяг при згині визначали на зразках-балочках розміром 40x40x160 мм, міцність на стиск - на половинках зразків-балочок. Ударну міцність розчинів оцінювали шляхом випробувань зразків-кубів з ребром 7,07 см на лабораторному копрі.

**Результати досліджень.** Для визначення впливу поліпропіленової фібри на технологічні властивості цементно-піщаних розчинових сумішей та на фізико-механічні властивості розчинів досліджували залежність водоцементного відношення (В/Ц) рівнорухомих сумішей та залежність міцнісних показників фіброцементних розчинів від вмісту фібри. Результати досліджень показують, що введення поліпропіленової фібри в суміш збільшує В/Ц (рис.1), тобто підвищує її водопотребу.

Збільшенням В/Ц розчинової суміші пояснюється зниження міцнісних показників фіброцементно-піщаного розчину в результаті введення в суміш поліпропіленової фібри (рис.2).

Як видно з рис.2а, введення в цементно-піщану суміш поліпропіленової фібри в кількості 0...0,3% від маси цементу практично не змінює міцність на розтяг при згині цементно-піщаного розчину. При подальшому збільшенні концентрації фібри спостерігається зниження цього показника: при вмісті 0,6% міцність на розтяг при згині складає 85,9 % від початкової. Вплив фібри на міцність на стиск цементно-піщаного розчину негативний (рис.2б). При вмісті фібри 0,6% від маси цементу величина цього показника складає 77,6% від початкової.

Результати досліджень свідчать про позитивний вплив поліпропіленової фібри на ударну міцність цементно-піщаного розчину (рис.3): при введенні фібри в цементно-піщану суміш у кількості 0,3...0,6% від маси цементу ударна міцність ремонтного розчину зростає з 2,2 Дж/см<sup>2</sup> до 2,8-2,95 Дж/см<sup>2</sup> (приріст складає 34 %).

Введення поліпропіленової фібри в цементно-піщаний розчин позитивно впливає на його тріщиностійкість (рис. 4). З підвищенням концентрації фібри в суміші від 0 до 0,6% від маси цементу коефіцієнт тріщиностійкості розчину збільшується з 0,177 до 0,214, тобто в 1,21 рази. З подальшим збільшенням концентрації фібри в розчині коефіцієнт тріщиностійкості знижується, але залишається вищим ніж у неармованих розчинів.

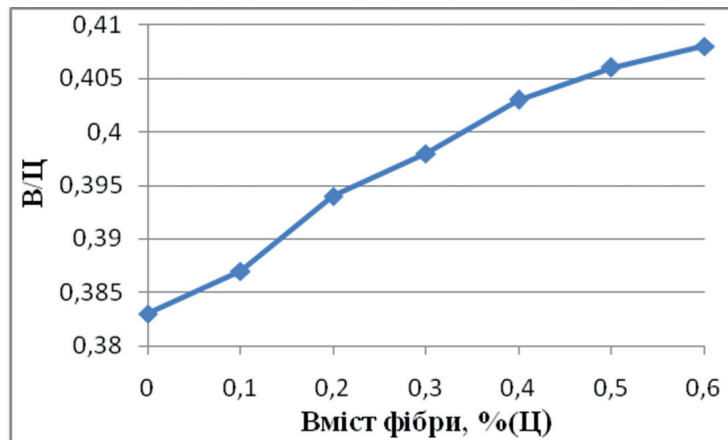


Рис. 1. Вплив вмісту поліпропіленової фібри на В/Ц рівнорухомих сумішей ( $P=3,0$  см)

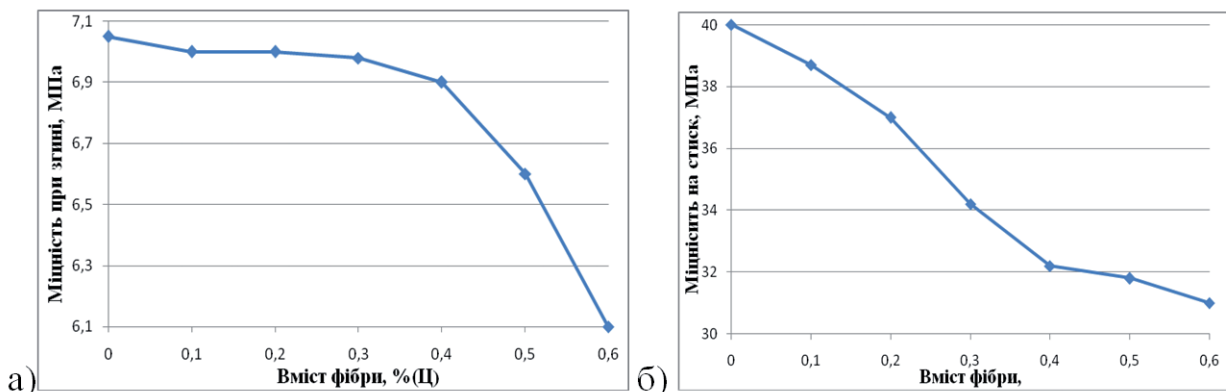


Рис.2. Вплив вмісту поліпропіленової фібри :а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск цементно-піщаних розчинів

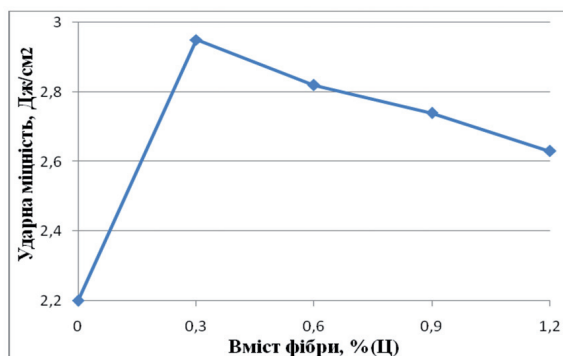


Рис.3. Вплив поліпропіленової фібри на ударну міцність цементно-піщаних розчинів

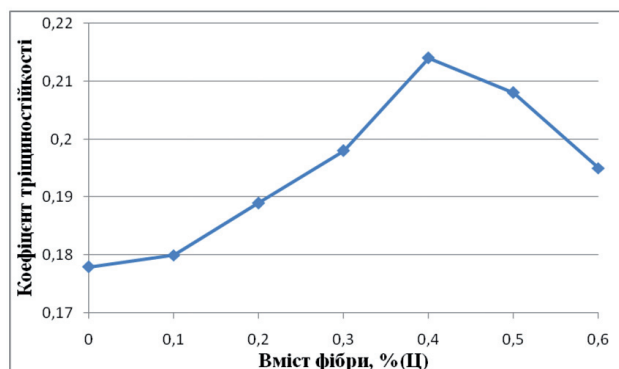


Рис. 4. Вплив вмісту поліпропіленової фібри на коефіцієнт тріщиностійкості цементно-піщаного розчину

Досліджували вплив поліпропіленової фібри на міцнісні характеристики цементно-піщаних розчинів, модифікованих комплексною добавкою, яка складається з тонкодисперсного мікрокремнезему (МК) в кількості 5...25 % від маси цементу та порошкового полікарбоксилатного суперпластифікатора (СП) в кількості 0,1...0,5% від маси цементу (рис.5).

Як видно з рис.5, при введенні поліпропіленової фібри в кількості 0,3%...0,6% від маси цементу в цементно-піщану суміш, модифіковану МК та СП, міцність на розтяг при згині цементно-піщаного розчину збільшується в 1,15...1,17 рази, міцність на стиск – в 1,05...1,10 рази. Отже, в модифікованих розчинах, на відміну від немодифікованих, проявля-

ється зміцнюючий ефект від введення поліпропіленової фібри. Це можна пояснити тим, що поліпропіленова фібра утворює єдиний моноліт з однорідною та більш щільною капілярно-пористою структурою модифікованого цементно-піщаного розчину.

Введення поліпропіленової фібри в цементно-піщану суміш дещо підвищує водопоглинання цементно-піщаного розчину (рис.6): при вмісті фібри 0,1...0,3% від маси цементу – з 7,07% до 7,53% за 24 год; при вмісті 0,6...0,9% - з 7,07% до 8,42% за 24 год. Таке підвищення водопоглинання розчину можна пояснити збільшенням В/Ц суміші при введенні в її склад поліпропіленової фібри.

**Висновок.** Введення поліпропіленової фібри марки ВАП в цементно-піщані суміші в кількості

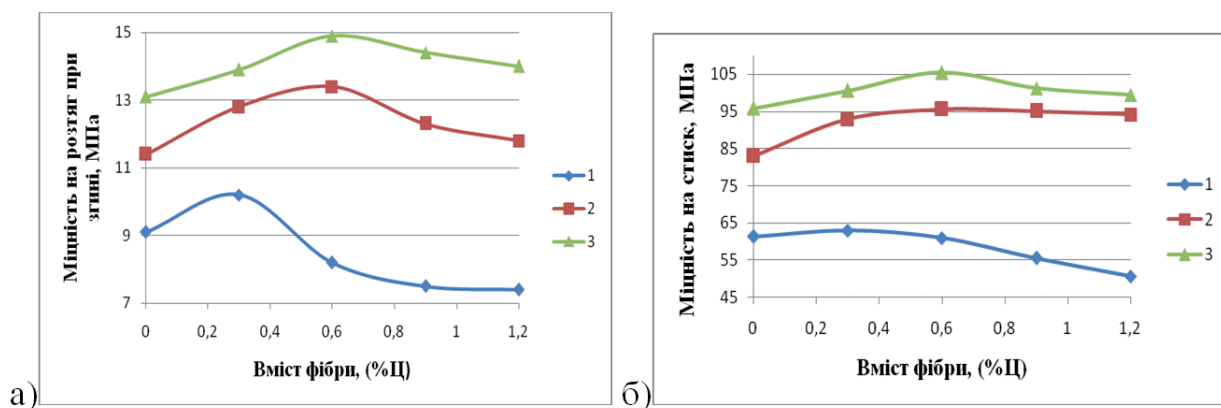


Рис.5. Вплив вмісту поліпропіленової фібри: а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск модифікованих цементно-піщаних розчинів

1 - МК=5 %(Ц), СП=0,1 %(Ц); 2 - МК=15 %(Ц), СП=0,3 %(Ц); 3 - МК=25 %(Ц), СП=0,5 %(Ц)

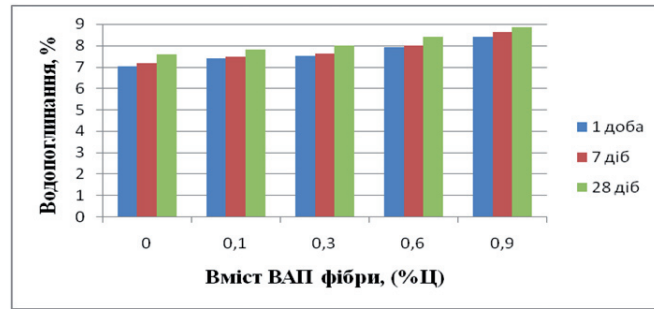


Рис.6. Залежність водопоглинання цементно-піщаного розчину від вмісту поліпропіленової фібри

0,3...0,6% від маси цементу є ефективним методом підвищення тріщиностійкості та ударної міцності розчинів. Введення поліпропіленової фібри в цементно-піщані ремонтні суміші, модифіковані органо-мінеральною добавкою, яка складається з полікарбоксилатного суперпластифікатора та мікрокремнезема, забезпечує підвищення міцності розчинів на стиск на 8...10% та міцності на розтяг при згині на 15...20%.

#### Бібліографія

1. Гапоненко Е.А. Фибробетоны повышенной морозостойкости, водонепроницаемости и стойкости к динамическим воздействиям / Е.А. Гапоненко, А.В. Мишутин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 29 - Одеса: вид-во ЗРС.- 2008. - С. 64-70.
2. Гапоненко Е.А. Мелкозернистые дисперсно-армированные бетоны повышенной водонепроницаемости, морозостойкости и трещиностойкости для гидротехнических сооружений мелиорации / Е.А. Гапоненко, А.В. Мишутин, С.А. Кровянов // Матеріали науково-практичного семінару «Бетони і розчини з використанням ефективних добавок та відходів промисловості» - Київ: Поліпром.- 2008. - С.59-64.
3. Рабинович Ф.Н. О некоторых особенностях разрушения фибробетона при действии ударных нагрузок / Ф.Н. Рабинович // Бетон и железобетон. - 1980 - № 6.- С. 26-28.
4. Скрипченко В.С. Фибра для бетона, новые методы армирования / В.С. Скрипченко // Бетон и железобетон.- 2010. - № 3. - С.15-19.
5. Барашиков А.Я. Влияние материала фибры на эксплуатационные свойства фибробетонів / А.Я. Барашиков, В.К. Мельник, Т.А. Рябенко // Промислове будівництво та інженерні споруди.-2012. - №14.-С. 41-44.

А.В. Коваленко, А.О. Агеев, О.Ю. Сакара

#### Влияние полипропиленовой фибры на свойства цементно-песчаных ремонтных растворов.

Приведены результаты исследований физико-механических свойств цементно-песчаных растворов, модифицированных полипропиленовой фиброй для ремонта и восстановления железобетонных гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса.

A.V. Kovalenko, A.O. Ageev, O.Y. Sakara

#### Effect on properties of polypropilen fiber cement sand repair solution

The results of studies of physical and mechanical properties of the cement-sand mortar, modified polypropylene fibers for concrete repair and restoration of waterworks Water Management and reclamation complex



УДК 666.96

## МОДИФІКАЦІЯ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНИХ РЕМОНТНИХ РОЗЧИНІВ РЕДИСПЕРГУЮЧИМ ПОЛІМЕРНИМ ПОРОШКОМ

**О.В. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук**  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Наведено результати досліджень реологічних властивостей цементно-піщаних сумішей та фізико-механічних властивостей цементно-піщаних розчинів, модифікованих редиспергуючим полімерним порошком, як матеріалів для ремонту та відновлення залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.*

**Ключові слова:** цементно-піщаний розчин, редиспергуючий полімерний порошок, фізико-механічні властивості, реологічні властивості, модифікуючі добавки, сухі будівельні суміші

**Актуальність проблеми.** Значна частина залізобетонних гідротехнічних споруд (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) знаходиться в незадовільному технічному стані і потребує проведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) у кількості 10-15 тис. одиниць щорічно. Традиційно в процесі РВР ГТС ВМК застосовують технології з використанням звичайних цементно-піщаних розчинів, які мають низькі адгезійні та фізико-механічні властивості. Покращення фізико-механічних властивостей цементно-піщаних розчинів може бути досягнуто за рахунок їх модифікації різними хімічними та мінеральними добавками, зокрема мікрокремнеземом (МК) [1], порошковим суперпластифікатором (СП) [2] та комплексною органо-мінеральною добавкою, яка складається із МК і СП [3]. Модифікація цементно-піщаних розчинів указаними добавками дозволяє знизити водоцементне відношення (В/Ц) суміші, значно підвищити міцнісні характеристики ремонтного композиту та знизити його водопоглинання.

За результатами досліджень одним із недоліків ремонтних цементно-піщаних розчинів, модифікованих СП і МК, є недостатня адгезійна міцність до бетону (0,2...0,3 МПа), що знижує ефективність їх використання в технологіях РВР. Вирішення проблеми може бути подальша модифікація цементно-піщаних сумішей редиспергуючими полімерними порошками (РПП). РПП – сухі полімерні порошки, які при замішуванні суміші з водою утворюють водні полімерні дисперсії (редиспергуються) і сухий полімерний порошок перетворюється на клейову полімерну дисперсію, яка при твердінні цементно-піщаного розчину еластично армує цементний камінь, укріплює цементну матрицю в слабких місцях та підвищує адгезійну міцність цементно-піщаного розчину до бетону [4].

Метою даної роботи було встановлення ефективності застосування РПП як модифікатора цементно-піщаних розчинів для отримання полімерцементних ремонтних композитів з підвищеними фізико-механічними властивостями для конструкційного ремонту залізобетонних ГТС. Для досягнення цієї мети досліджували вплив РПП на реологічні властивості ремонтних сумішей (рухомість) та на фізико-механічні властивості не модифікованих та модифікованих цементно-піщаних розчинів. Особливий

інтерес представляють питання впливу РПП на властивості ремонтного розчину за присутності інших порошкових модифікаторів: полікарбоксилатного суперпластифікатора останнього покоління та активної мінеральної добавки (мікрокремнезему).

**Методика досліджень.** У дослідженнях застосовували матеріали: портландцемент ПЦ 1- 500 ПАТ «Волинь-цемент»; пісок річковий Дніпровський з модулем крупності  $M_{кр.} = 1,49$ ; РПП на основі сополімеру вінілацетату з вінілверсататом (VA/VeoVa) марки Неоліт Р4400 (Neolith Р 4400), мікрокремнезем марки Elkem Microsilica, порошковий полікарбоксилатний суперпластифікатор марки SikaViscoCrete 225.

Суміші готували з використанням ручного низькооборотного електроміксера: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., потім цю суміш перемішували з водою протягом 5 хв. Цементно-піщане відношення (Ц:П) для всіх зразків розчинів складало 1:2,5. Такі розчини характеризуються підвищеними міцнісними властивостями у порівнянні із стандартними розчинами складу Ц:П=1:3. Вміст мікрокремнезему в суміші складав 5% від маси цементу, вміст суперпластифікатора – 0,3% від маси цементу.

Для одержаних розчинових сумішей визначали рухомість Р (см), а для розчину – міцність на стиск  $R_{ст}$  (МПа) і на розтяг при згині  $R_{зг}$  (МПа) згідно ДСТУ Б В. 2.7-239:2010 «Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ)». Міцність на розтяг при згині визначали на зразках-балочках розміром 40x40x160 мм, міцність на стиск - на половинках зразків-балочок. Адгезійну міцність  $R_{ад}$  (МПа) визначали на зразках вісімках таких розмірів: поперечний переріз середньої частини – 22,5x22,5 мм, довжина середньої частини – 10 мм, загальна довжина зразка – 78 мм. Випробування проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови». Фізико-механічні характеристики ремонтних композитів визначали у віці 28 діб нормально-вологого зберігання для цементно-піщаних зразків та нормально-вологого зберігання 3 доби плюс 25 діб нормально-повітряно-сухого зберігання для полімерцементних зразків.

**Результати досліджень.** Введення РПП у цементно-піщану суміш при постійному В/Ц призводить до підвищення її рухомості (рис.1), що

вказує на пластифікуючу здатність полімерного порошку. Найбільш різке зростання рухомості спостерігається при вмісті РПП в діапазоні 0...30% від маси цементу.

Для одержання рівнорухомих сумішей при додаванні РПП необхідно знижувати В/Ц. При введенні в суміш 10...30% РПП від маси цементу її водопотреба зменшується на 20...30% (рис.2). Зниження водопотреби розчинової суміші пояснюється наявністю поверхнево-активних речовин (ПАР), які входять до складу РПП.

Введення РПП у кількості більше 30% призводить до значного збільшення в'язкості і клейкості розчинової суміші (ефект «гумової» суміші), що призводить до утруднення її перемішування і укладання.

При постійному В/Ц із введенням у цементно-піщану суміш РПП у кількості 10...30% від маси цементу міцність на розтяг при згині ремонтного композиту зростає в 1,65...2,05 рази (рис. 3а), однак міцність на стиск при цьому суттєво знижується (рис. 3б).

Введення РПП забезпечувало отримання рівнорухомих розчинових сумішей при зниженні В/Ц на 20...30%, що призводило до збільшення міцності

розчину на розтяг при згині з 6,5 МПа до 11,0 МПа при 10-відсотковому вмісті полімеру і до 12,5 МПа при 30-відсотковому його вмісті (рис.4а) Таким чином, зміцнюючий ефект від введення РПП у рівнорухомі суміші вищий, ніж у випадку сумішей з постійним В/Ц. Це пояснюється тим, що підвищення міцності на розтяг при згині розчинів, одержаних із рівнорухомих сумішей, відбувається як за рахунок утворення додаткового полімерного каркаса в полімермінеральному композиті, так і за рахунок зниження водопотреби (В/Ц) таких сумішей. Найбільший приріст міцності на розтяг при згині спостерігається в діапазоні вмісту РПП від 0 до 10% від маси цементу.

Міцність на стиск у цьому діапазоні концентрацій РПП практично не змінюється (рис. 4б), а при вмісті полімерного порошку більше 10% міцність на стиск знижується з 40,3 МПа до 31,5 МПа, тобто на 22%. Найбільш різке падіння міцності на стиск спостерігається в діапазоні вмісту РПП від 10 до 30%. Отже, наявність полімерного каркаса в полімермінеральній матриці призводить до зниження міцності на стиск цементно-піщаного розчину, тому вміст РПП у цементно-піщаній суміші більше 10% від маси цементу є недоцільним для композитів, що призна-

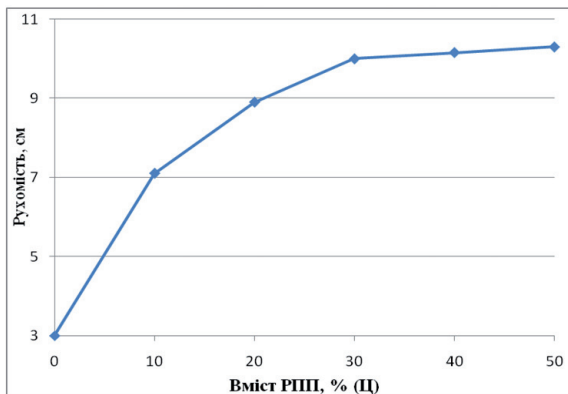


Рис.1. Вплив вмісту РПП на рухомість суміші (В/Ц=0,4)

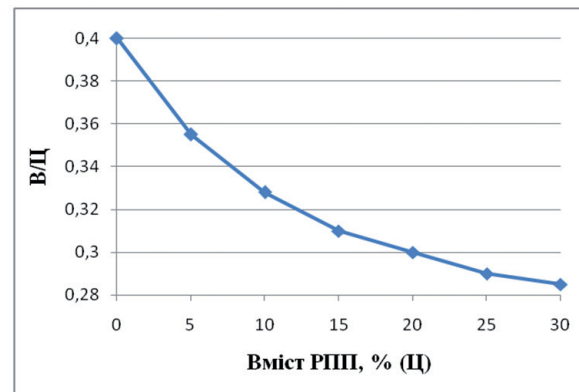


Рис.2. Вплив вмісту РПП на В/Ц рівнорухомої суміші (P=3,0 см)

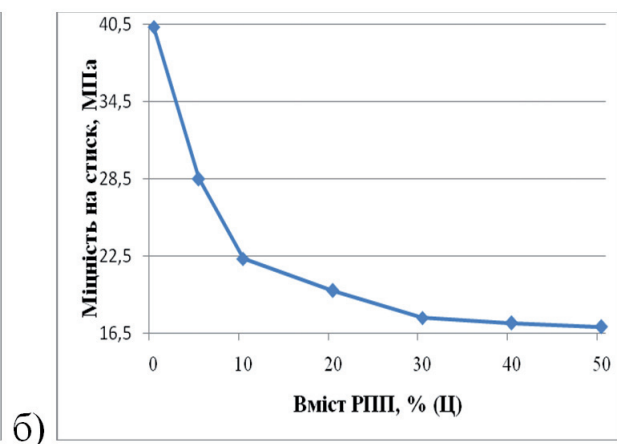
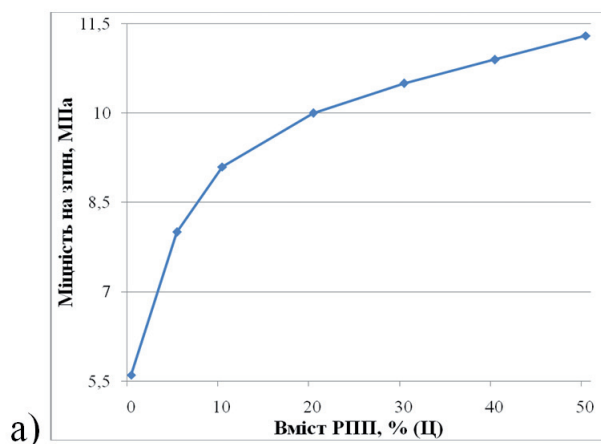
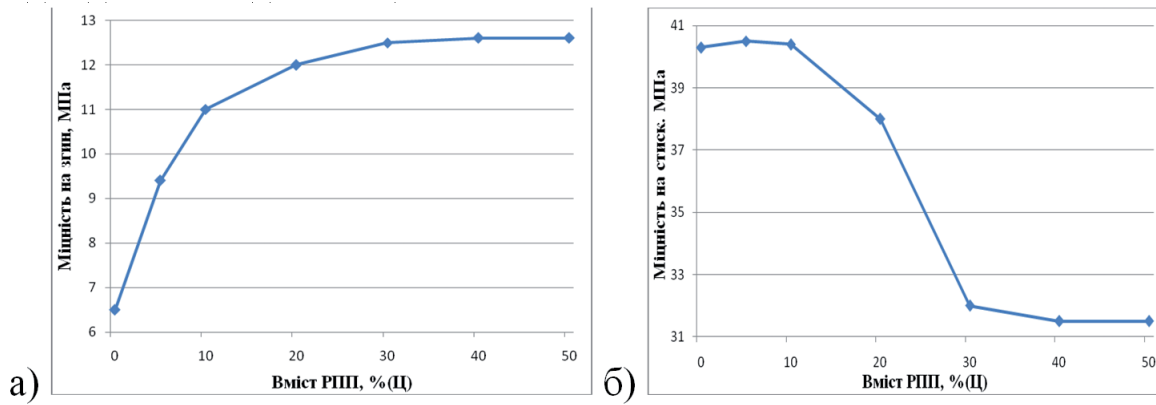


Рис. 3. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск цементно-піщаного розчину при постійному В/Ц=0,4



**Рис. 4. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск цементно-піщаного розчину при постійній рухомості (P=3,0 см)**

чені для конструкційного ремонту залізобетонних споруд. Вміст РПП більше 10% від маси цементу може бути доцільним для еластичних гідроізолюючих складів, для яких показник міцності на стиск не є визначальним.

Характер впливу РПП на реологічні та міцнісні властивості розчинів, модифікованих полікарбоксилатним суперпластифікатором та мікрокремнеземом, дещо інший ніж його вплив на не модифікований цементно-піщаний розчин. Із збільшенням вмісту РПП у модифікованих сумішах від 0 до 10% рухомість сумішей зростає з 3,0 до 6,5 см, в діапазоні від 10 до 15% практично не змінюється, а при вмісті більше 15% рухомість сумішей знижується (рис.5а). При вмісті РПП від 0 до 5% В/Ц рівнорухомих сумішей знижується від 0,30 до 0,26, в діапазоні від 5 до 10% не змінюється, а при вмісті більше 10% зростає (рис.5б).

Таким чином, для модифікованих сумішей пластифікуючий ефект проявляється при концентраціях РПП 5...10%, при подальшому збільшенні вмісту РПП водопотреба сумішей збільшується. Це пояснюється тим, що при підвищених концентраціях РПП та при низьких значеннях В/Ц води зачिनення не вистачає для повного диспергування полімерного порошку.

При введенні РПП в модифіковані суміші міцність на розтяг при згині модифікованих розчи-

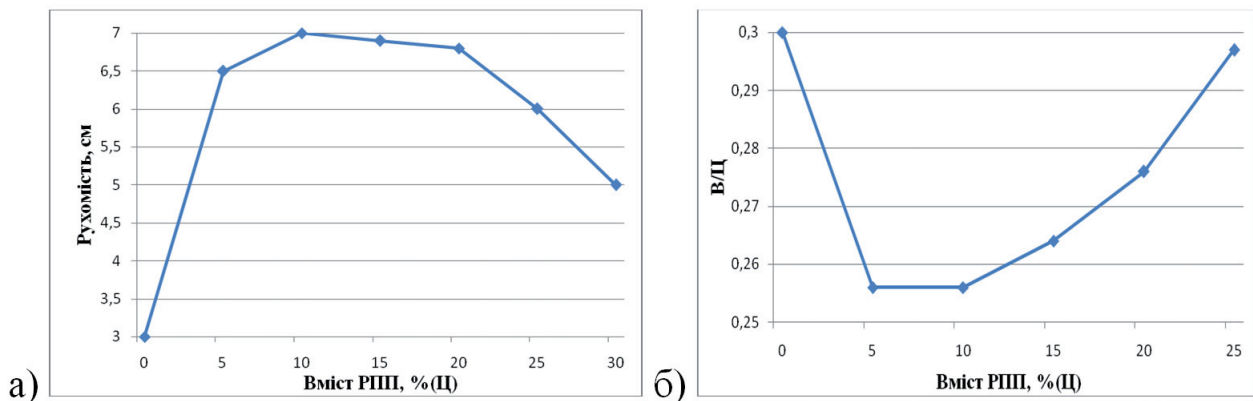
нів зростає як при постійному В/Ц - з 8,2 МПа до 11,6 МПа (рис.6а), так і при постійній рухомості – з 8,2 МПа до 13,4 МПа (рис.7а).

Міцність на стиск при введенні РПП в модифіковані суміші знижується як при постійному В/Ц (з 64,0 МПа до 53,0 МПа) (рис.6б), так і при постійній рухомості (з 64,0 МПа до 56,0 МПа) (рис.7б). При постійній рухомості міцність на стиск незначно знижується при вмісті РПП до 10% від маси цементу. Більш інтенсивне зниження міцності на стиск спостерігається при вмісті РПП більше 10%, однак цей показник залишається вищим за міцність на стиск не модифікованих розчинів.

Результати досліджень впливу РПП на адгезійну міцність та водопоглинання модифікованих цементно-піщаних розчинів, одержаних із жорстких рівнорухомих (P=3,0 см) сумішей, наведені на рис. 8. Як видно із рис.8а, адгезійна міцність розчинів зростає з 0,2 МПа до 0,98 МПа, тобто в 4,9 рази при збільшенні вмісту РПП від 0 до 8% від маси цементу. Водопоглинання розчину при цьому знижується в 1,35 рази (рис.8б).

Адгезійна міцність полімерцементного розчину збільшується із збільшенням рухомості, яка збільшується із збільшенням В/Ц розчинової суміші при одному й тому ж вмісті РПП в останній (рис.9).

Найбільші показники адгезійної міцності мають полімерцементні розчини, одержані на основі сумі-



**Рис.5. Вплив РПП : а) на рухомість (В/Ц=0,3), б) на В/Ц (P=3,0 см) модифікованих сумішей**

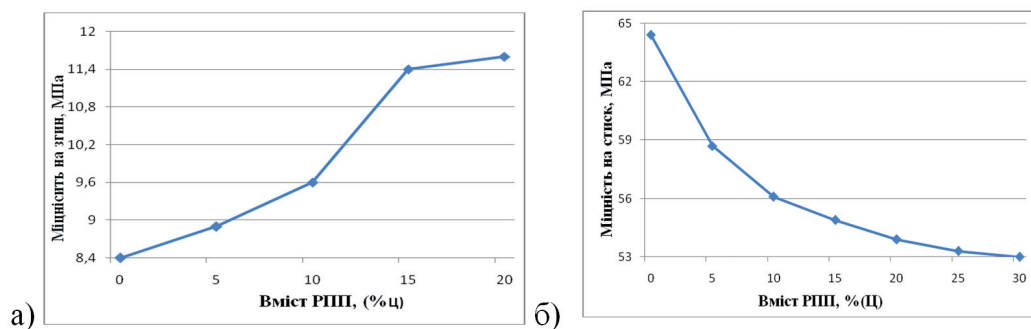


Рис. 6. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск модифікованих розчинів при постійному В/Ц=0,4

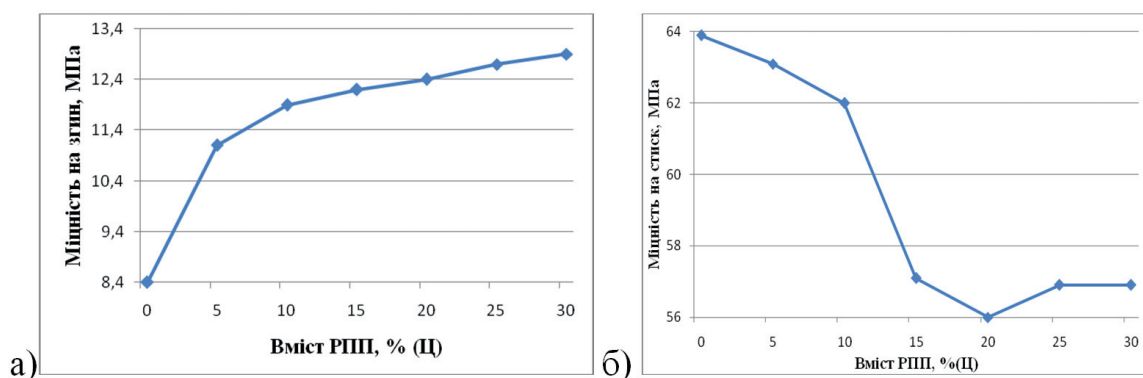


Рис. 7. Вплив вмісту РПП : а) на міцність на згин; б) на міцність на стиск модифікованих розчинів при постійній рухомості (P=3,0 см)

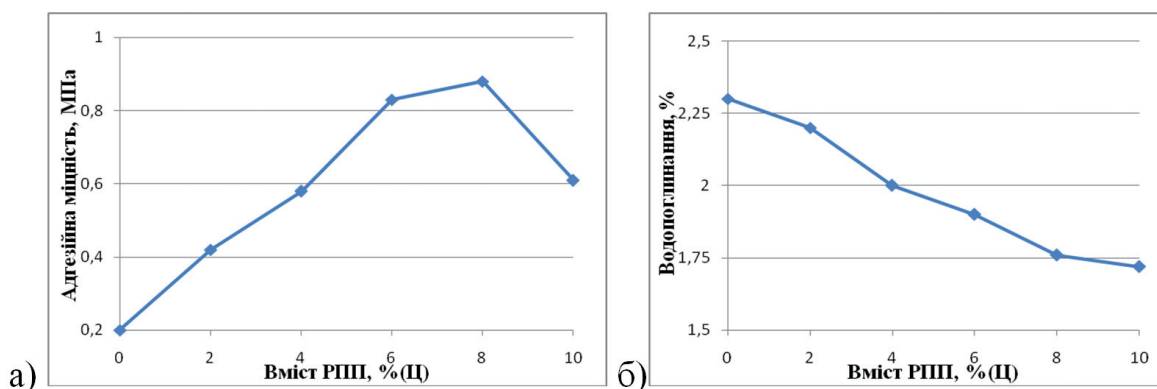


Рис.8. Вплив РПП на адгезійну міцність (а) та на водопоглинання (б) модифікованого розчину

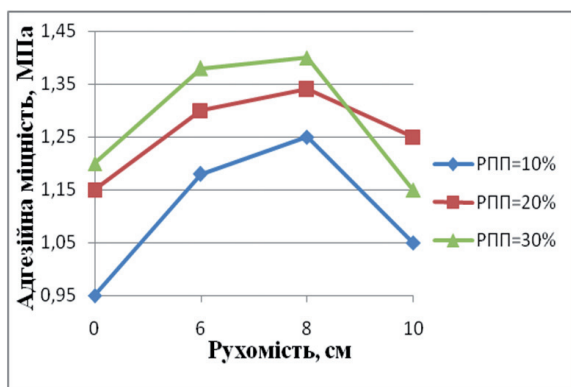


Рис.9. Вплив рухомості на адгезійну міцність полімерцементного розчину

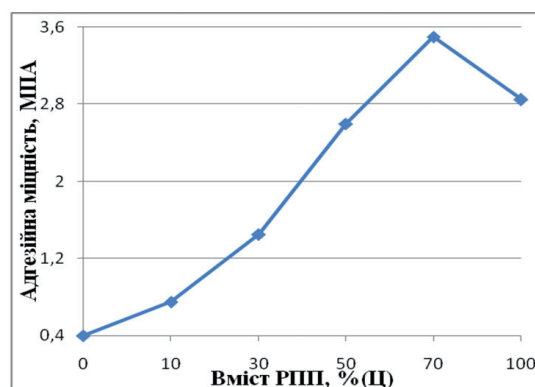


Рис.10. Вплив РПП на адгезійну міцність праймеру (P=7.0 см)

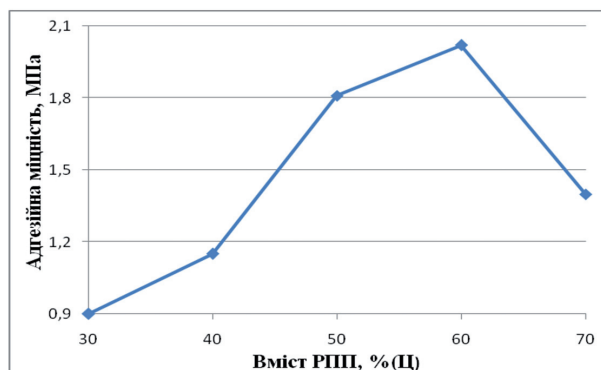


Рис.11. Вплив РПП на адгезійну міцність системи матеріалів «ремонтний розчин - праймер»

шей, у яких рухомість знаходиться в межах 6-8 см. При такій рухомості суміш переходить до іншої категорії по технологічності: з жорсткої тіксотропної ремонтної (P=3,0-3,5 см) до пластично-литої (P=6-8 см). Пластично-лито суміш перспективна для застосування в якості праймеру, тобто проміжного адгезійного шару між поверхнею, що ремонтується, та ремонтним композитом. Підвищення вмісту РПП у праймері до 70% від маси цементу дозволяє підвищити його адгезійну міцність до 3,5 МПа, тобто до рівня когезійної міцності бетону (рис.10). Таким чином, для підвищення ефективності конструкційного ремонту доцільно застосовувати систему матеріалів: «праймер+ремонтна суміш».

Вплив вмісту РПП на адгезійну міцність системи ремонтних матеріалів, яка складається із свіженанесеного на бетон праймеру та підформованої до нього ремонтної суміші, наведено на рис.11.

Як видно з рис.11, характер впливу вмісту РПП на адгезійну міцність системи «ремонтний розчин : праймер» аналогічний як і у випадку адгезійної міцності праймеру, однак у даному випадку міцність зчеплення з бетонною поверхнею нижча ніж у самого праймеру. Максимум адгезійної міцності системи «ремонтний розчин : праймер» досягається

при вмісті РПП=50...60% від маси цементу і складає 2,02 МПа.

**Висновок.** Модифікація цементно-піщаних розчинів редиспергуючим полімерним порошком марки Neolith P 4400 є ефективним методом покращення їх реологічних властивостей, підвищення адгезійної міцності та міцності на розтяг при згині. Міцність на стиск розчинів при цьому знижується. Застосування РПП у кількості 10% від маси цементу в комплексі з полікарбоксилатним порошковим суперпластифікатором марки SikaViscoCrete 225 та мікрокремнеземом марки Elkem Microsilica відкриває перспективу створення на їх основі полімерцементних сухих будівельних сумішей для ремонту та захисту залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу. Орієнтовна вартість таких сумішей складає 12...14 грн./кг.

Для підвищення адгезійної міцності полімерцементного ремонтного розчину до бетонної основи необхідно застосовувати праймер, який містить у своєму складі 60...70% від маси цементу полімерного порошку і має рухомість 6...8 см. Орієнтовна вартість такого праймеру складає 20...25 грн./кг.

#### Бібліографія

1. Коваленко О.В. Вплив порошкового полікарбоксилатного суперпластифікатора Сіка ВіскоКрет 225 на властивості цементно-піщаного розчину / О.В. Коваленко, А.О. Агєєв // Меліорація і водне господарство.-2014.- Вип.101.- С.342-353.
2. Коваленко О.В. Вплив мікрокремнезему Elkem Microsilica на властивості цементно-піщаного розчину / О.В. Коваленко // Меліорація і водне господарство.- 2015.- Вип.102.- С.120-123
3. Коваленко О.В. Вплив комплексної органо-мінеральної добавки на властивості цементно-піщаного розчину / О.В. Коваленко, А.О. Агєєв // Меліорація і водне господарство.-2015.-Вип.102.- С.128-130.
4. Влияние редиспергируемых порошков на свойства цементных строительных растворов / А.Е. Захезин, Т.Н. Черных, Б.Я. Трофимов, Л.Я. Крамар // Строительные материалы.- №10.- 2004.- С.6-7.

А.В. Коваленко

#### Модифікація цементно-песчаных ремонтных растворов редиспергируемым полимерным порошком

Приведены результаты исследования реологических свойств цементно-песчаных смесей и физико-механических свойств цементно-песчаных растворов, модифицированных редиспергирующим полимерным порошком, как материалов для ремонта и восстановления железобетонных гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса

A.V. Kovalenko

#### Modification of cement-sand matrixes with redispersible powder.

The results of studies of the rheological properties of the cement-sand mixtures and physico-mechanical properties of the cement-peschanoyh solutions modified redispersible polymer powder as materials for the repair and restoration of concrete hydraulic structures Water Management and reclamation complex

УДК 631.6; 626.212; 626.81/84; 626.826

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ ОБЛИЦЮВАНЬ КАНАЛІВ НИЖНЬО-ДНІСТРОВСЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТА ШЛЯХИ ЙОГО УДОСКОНАЛЕННЯ

**О.Ю. ЮЗЮК\***

*ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН*

*Після довготривалої експлуатації зрошувальних систем постає питання оцінки технічного стану та шляхів їх відновлення. Розглянуто технічний стан каналів на прикладі Нижньо-Дністровської зрошувальної системи, наводяться характеристика та результати оцінки протифільтраційного облицювання.*

**Ключові слова:** зрошувальна система, канал, облицювання, технічний стан

**Постановка питання.** В Україні зрошувальні системи (ЗС) знаходяться в експлуатації понад 30-40 років. Унаслідок недостатніх обсягів ремонтно-відновлюваних робіт їхній технічний стан на окремих системах погіршився.

На сьогодні після довготривалої експлуатації канали зазнали значних пошкоджень, що призвело до збільшення фільтраційних втрат, зниження коефіцієнта корисної дії (ККД), заростань, зменшення пропускної здатності.

Інститут водних проблем і меліорації НААН протягом майже 40 років проводив дослідження технічного стану та ефективності роботи каналів більшості зрошувальних систем Півдня України. Дослідження проводили на Головному Каховському магістральному каналі, розподільному каналі Р-5 Каховської ЗС, Північно-Кримському каналі, його Чорноморській гілці, Сакському з'єднувальному каналі, розподільних каналах Татарбунарської ЗС. Досліджували бетонне і залізобетонне облицювання у монолітному та збірному варіантах із різними типами полімерних плівок [1, 2, 3].

Для оцінки технічного стану обрано Нижньо-Дністровську зрошувальну систему 1964-1993 рр. будівництва з площею зрошення близько 37,6 тис. га, яка розташована в межах Причорноморської низовини на лівому березі Дністровського лиману в Біляївському та Овідіопольському районах Одеської області (рис. 1) [4, 5].

**Методика досліджень.** Вивчення матеріалів проектних та експлуатаційних організацій і публікацій [4, 5] дозволили встановити, що ґрунти на масиві представлені відносно однорідними чорноземами південними та їхніми слабоеродованими різновидами. Під чорноземами залягають легкі, середні та важкі лесовидні суглинки. Легкі суглинки мають світло-жовтий колір з коричневим і бурим відтінком, спостерігаються кристали і друзи гіпсу, пористість ґрунтів становить 45-49%; середні лесовидні суглинки – мають світло-жовте забарвлення з палевим і сіруватим відтінком, мікропористі. Великі пори у вигляді вертикальних каналців закріплені вапняною цементациєю, пористість - 34-43%, коефіцієнт фільтрації - 0,2 м/добу; важкі лесовидні суглинки

мають забарвлення жовтувато-бурого кольору з червонуватим відтінком, озалізнені, характеризуються середнім і щільним складанням, коефіцієнт фільтрації - 0,05 м/добу.

Рівні ґрунтових вод на зрошуваних масивах залягають на глибині 3-5 м від поверхні землі. Їхній хімічний склад переважно гідрокарбонатно-сульфатний та сульфатний, мінералізація – 1-10 г/л і більше [4].

Джерело зрошення на зрошувальній системі – р. Дністер. Вода на зрошення подається за допомогою головної насосної станції (ГНС), яка розташована в с. Маяки Біляївського району. Продуктивність ГНС - 8 м<sup>3</sup>/с. Підйом води здійснюється двома напірними сталевими водоводами довжиною 7,8 км і діаметром 1,8 м. На системі побудовано 15 насосних станцій підкачки.

Зрошувальна мережа складається з каналів МК; МК-2; Р-1; Р-1-14; Р-3; Р-3-1; Р-3-2; Р-4а; Р-5; БПК; ЦС; МХ-4; МХ-33, закритих трубопроводів та лоткової мережі. Загальна довжина зрошувальної мережі становить - 518,06 км, (з них закритої - 350,03 км, відкриті канали - 159,23 км) і лоткової - 8,8 км [5].

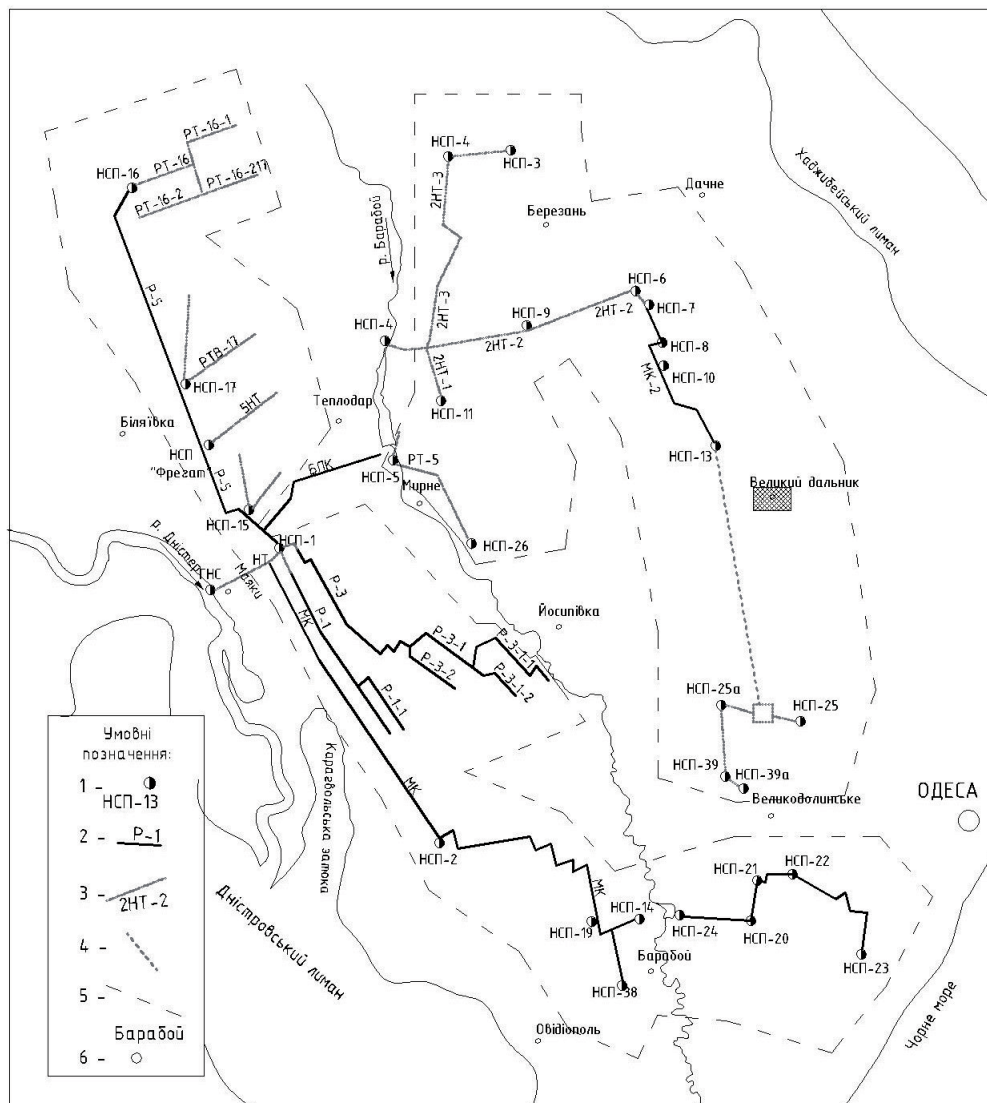
Канал МК побудований в земляному руслі в напіввиїмці, облицюваний залізобетонними плитами НПК, місцями на поліетиленовій плівці. Довжина каналу - 28 км, ширина по дну – 2 м, коефіцієнт закладання укосів – 1:1,5, ККД – 0,955. На каналі споруджено 17 ГТС задля здійснення між'єфного каскадного регулювання витрат і рівнів води.

Канал МК-2 – у виїмці, напіввиїмці, облицюваний залізобетонними плитами НПК. Довжина каналу – 13,5 км, ширина по дну – 1,0 м, коефіцієнт закладання укосів – 1:1,5, ККД – 0,683.

Канал Р-1 – у земляному руслі, напіввиїмці, облицюваний залізобетонними плитами НПК. Довжина каналу – 9,27 км, ширина по дну – 0,7 м, коефіцієнт закладання укосів – 1:1,25, ККД – 0,884. Для регулювання рівнів води споруджено 2 ГТС

Канал Р-3 – у земляному руслі, в напіввиїмці, облицюваний залізобетонними плитами НПК з поліетиленовим екраном. Довжина каналу – 18,1 км, ширина по дну – 1,0 м, коефіцієнт закладання укосів – 1:1,5, ККД – 0,823. Для регулювання рівнів води споруджено 7 ГТС.

\* під науковим керівництвом канд. техн. наук, Ворошнова С.М.



**Рис. 1. Схема Нижньо-Дністровської зрошувальної системи:**

1- насосні станції; 2- зрошувальні канали; 3- напірні трубопроводи; 4- скідний трубопровід; 5- межі зрошувальної площі; 6- населені пункти

Канал Р-5 – у земляному руслі, облицьований залізобетонними плитами НПК, проходить у напіввиїмці, напівнасіпу. Довжина каналу – 13,05 км, ширина по дну – 1,0 м, коефіцієнт закладання укосів – 1:1,5, ККД – 0,802.

Канал БПК – у земляному руслі, облицьований залізобетонними плитами НПК. Довжина каналу – 5,30 км, ширина по дну – 10,0 м, коефіцієнт закладання укосів – 1:1,5, ККД – 0,713.

За даними Дністровського МУВГ, у 2006 р. зрошувальні канали на системі знаходилися в незадовільному стані, ККД – 0,68-0,884, тільки МК ККД – 0,955, що відповідало нормам ДБН В.2.4-1-99 [6, 7].

На ЗС щорічно проводять поточні ремонти каналів для збереження працездатності та підтримки її елементів у робочому стані, які включають замонолічування швів між плитами, заміни та перекладки плит НПК.

У лютому 2016 р. на каналі МК-2 нами обстежено 2 типові ділянки, одна проходить у напівнасіпу

і облицьована плитами НПК по поліетиленовому екрану, а друга – у виїмці з облицьовуванням нижньої частини плитами НПК по ґрунтовій основі (рис. 2) [7].

**Результати досліджень.** Встановили, що на першій ділянці, яка проходить у напіввиїмці, для облицьовування дна використано 16 плит НПК 6,2x1,5x0,06, для облицьовування правостороннього і лівостороннього укосів використано 32 плити НПК 6,2x2,0x0,06 м, 32 плити НПК 6,2x1,5x0,06 м та 32 плити НПК 6,2x0,75x0,06 м. Плити встановлені поверх поліетиленового екрана. Всі вони мають незначні пошкодження геометричної форми, об'єм пошкодження становить 3-5% від об'єму плити.

На ділянці спостерігається руйнування усіх швів та проростання рослинності з отворів, прорив поліетиленового екрана на швах та у місцях сповзання плит. Плити зазнали таких пошкоджень (рис. 3): ті, що лежать на укосах НПК 6,2x2,0x0,06 м – 5 зруйновано, на 6-ти поверхня покрита тріщинами

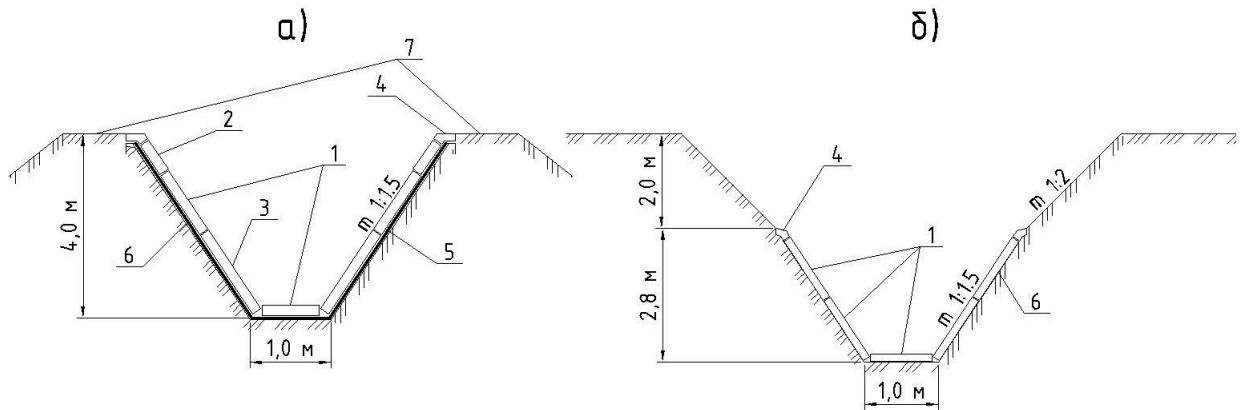


Рис. 2. Схеми облицювання каналу МК-2 на типових ділянках:

а) ПК 21+00-22+00; б) ПК 33+00-34+00;  
 1- НПК 6,2x1,5x0,06 м; 2- НПК 6,2x0,75x0,06 м; 3- НПК 6,2x2,0x0,06 м;  
 4- запличик; 5- поліетиленовий екран; 6- ґрунтова основа; 7- дамба



Рис. 3. Технічний стан МК-2 на ділянці ПК 21+00-22+00

на 55% від площі плити, 21 має одну повздовжню тріщину по всій довжині і незначні відгалуження, 6 сповзло з укосів; НПК 6,2x1,5x0,06 м – 7 мають тріщини довжиною від 0,5 до 1,5 м, 8 сповзло з укосів; НПК 6,2x0,75x0,06 м – 2 зникло, 7 сповзло; НПК 6,2x1,5x0,06 м, що лежать на дні каналу – 1 зруйнована, 9 мають тріщину, яка проходить через усю поверхню, 6 мають незначні тріщини поверхні.

На другій обстеженій ділянці, що проходить у глибокій виїмці, для облицювання укосів і дна було використано 80 плит, з них 16 НПК 6,2x1,5x0,06 м влаштовані по дну каналу та 64 НПК 6,2x2,0x0,06 м влаштовані на укосах каналу на ґрунтову основу. На протяжності усєї ділянки спостерігається зсув всіх плит з укосів каналу та руйнування усіх швів (рис. 4). На 14 плитах НПК 6,2x2,0x0,06 м спостерігаються незначні пошкодження у вигляді тріщин протяжністю від 15 до 50 см. На 5 плитах НПК 6,2x2,0x0,06 м (7,8%) спостерігаються тріщини довжиною від 50 см до 150 см. Усі плити мають незначні пошкодження геометричної форми, об'єм пошкоджень становить 3-5% від об'єму плити.

При відновленні каналів Нижньо-Дністровської зрошувальної системи пропонуємо використовувати

геосинтетичні матеріали, які становлять собою сучасний і ефективний протифільтраційний захист, є технологічними і застосовуються без захисного покриття або з захисним шаром для всіх типів облицювань та каналів у земляному руслі (рис. 5) [9].

При цьому доцільно використовувати існуюче облицювання, що дозволить підвищити надійність і довговічність конструкції, зменшити вартість будівництва.

Враховуючи відсутність бюджетних коштів пропонується здійснювати протифільтраційні заходи у складі проектів з відновлення і розвитку зрошення шляхом залучення інвестиційних коштів [10].

**Висновки.** Встановлено, що після довготривалої експлуатації сучасний технічний стан багатьох ділянок каналів Нижньо-Дністровської зрошувальної системи є незадовільним.

Обстеження показали, що характер та кількість пошкоджень облицювань залежить від умов роботи каналу. На ділянці, де канал проходить у напівнасипу-напіввиїмці, основними пошкодженнями були продольні тріщини, спостерігалися руйнування деформаційних швів, сповзання плит, руйнування поліетиленового екрану. На ділянці, де канал





Рис. 4. Технічний стан МК-2 на ділянці ПК33+00-34+00

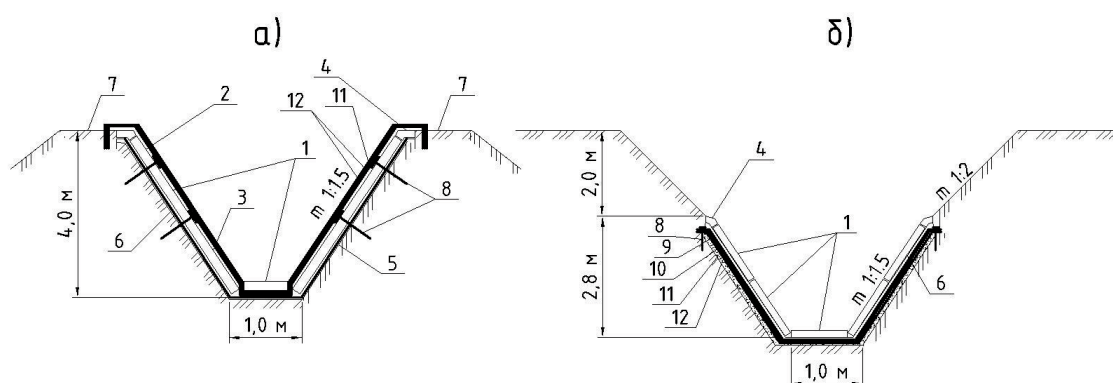


Рис. 5. Запропоновані схеми відновленого протифільтраційного облицювання каналу МК-2 на типових ділянках:

а) ПК 21+00-22+00; б) ПК 33+00-34+00;

1- НПК 6,2x1,5x0,06 м; 2- НПК 6,2x0,75x0,06 м; 3- НПК 6,2x2,0x0,06 м; 4- заплечик; 5- поліетиленовий екран; 6- ґрунтова основа; 7- дамба; 8- анкер; 9- піщаний захисний шар ( $t=15$  см); 10- протиерозійний мат; 11- геомембрана; 12- геотекстиль

проходить у виїмці, основними пошкодженнями є руйнування деформаційних швів, сповзання плит, утворення поперечних тріщин. Це свідчить про неефективність застосування збірно-залізобетонного облицювання та потребує капітального ремонту з використанням нових геосинтетичних матеріалів, які дадуть змогу значно зменшити втрати води на фільтрацію, підвищити ККД каналів та ефективність експлуатації зрошувальної системи.

**Бібліографія**

1. Чернишевська Л.Ю. *Натурні дослідження зміни технічного стану каналів Татарбунарської зрошувальної системи протягом довготривалої експлуатації* / Л.Ю. Чернишевська // *Меліорація і водне господарство*. – К.: 2008. – Вип. 96. – С. 158-169.
2. *Дослідження ефективності і зміни технічного стану монолітного облицювання в процесі довготривалої експлуатації* / Л.Ю. Чернишевська, Я.В. Шевчук, О.Н. Кафтан [та ін.] // *Меліорація і водне господарство*. – К.: 2005. – Вип. 92. – С. 183-190.
3. Волошкина Е.С. *Расчет фильтрационных потерь из облицованных каналов по методу фильтрационных сопротивлений* / Е.С. Волошкина, Л.Е. Чернышевская // *Мелиорация и водное хозяйство*. – К.: 1988. – Вип. 68. – С. 76-81.
4. *Водне господарство в Україні/ за ред. А.В. Яцика, В.М. Хорєва* – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
5. *Орошение на Одессине: Почвенно-экологические и агротехнические аспекты* / И.Н. Гоголев, Р. А. Баер, А.Г. Кулибабин [и др.] – Одесса: 1992. – 434 с.
6. ДБН В.2.4-1-99. *Меліоративні системи та споруди*. – К.: 1999. – 178 с.
7. *Посібник до ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. (Методика оцінки технічного стану каналів меліоративних систем)*. К.: 2009. – 48 с.
8. Коваленко П.И. *О расчете КПД оросительных систем* / П.И. Коваленко, Ю.А. Михайлов, Ю.Л. Смехнов // *Мелиорация и водное хозяйство*. – М.: 1991. - № 6. – С. 37-39.
9. *Рекомендації з мінімізації непродуктивних втрат із зрошувальних каналів після довготривалої експлуатації* / В.Д. Крученко, Л.Ю. Чернишевська, Я.В. Шевчук, О.С. Ігнатова, О.Ю.Юзюк – К.: ІВПіМ НААН. – 2015. – 26 с.
10. Ромащенко М.І. *Концептуальні засади відновлення зрошення у південному регіоні України* / М.І. Ромащенко // *Меліорація і водне господарство*. – К.: 2013. – Вип. 100. – С. 7-17.

**О.Ю. Юзюк****Характеристика технического состояния противофильтрационных облицовок каналов Нижне-Днестровской оросительной системы и пути его совершенствования**

*Після довготривалої експлуатації оросительних систем виникає питання оцінки технічного стану і шляхів їх відновлення. Розглянуто технічний стан каналів на прикладі Нижне-Днестровської оросительної системи, приводяться характеристика і результати оцінки противофильтраційної облицовки.*

**O.Y. Yuziuk****Technical description of channels antifiltration facings of Nizhne-Dnistrovsekoj irrigation system and ways of its improvement**

*After long-term operation of irrigation systems raises the question of assessing the technical condition and their recovery. Reviewed the technical condition of the channels on the example of the Nizhne-Dnistrovsekoj of irrigatory system, the characteristics and the evaluation results of anti-filtration lining.*

УДК 631.6:626.8

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРИ РЕМОНТНИХ ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

**А.О. АГЕСЬВ**, наук. спів.,  
**О.В. КОВАЛЕНКО**, канд. техн. наук,  
**О.О. ДЕХТЯР**, канд. техн. наук,  
**Н.Д. БРЮЗГІНА**, канд. техн. наук  
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*Проведено оптимізацію рецептури ремонтної полімерцементної сухої будівельної суміші для конструкційного ремонту залізобетонних гідротехнічних споруд меліоративних систем. Отримано експериментально-статистичні моделі, які характеризують вплив модифікуючих добавок на технологічні та фізико-механічні властивості полімерцементних сухих будівельних сумішей.*

**Ключові слова:** модифікуючі добавки, залізобетонні гідротехнічні споруди, цементно-піщаний розчин, фізико-механічні властивості, рухомість

**Актуальність теми.** Ефективна та надійна експлуатація меліоративних систем залежить від технічного стану їх складових. Бетонні та залізобетонні (ЗБ) гідротехнічні споруди (ГТС) є основним елементом в меліоративній системі. Для підтримки належного технічного стану ЗБ ГТС необхідно регулярно проводити ремонтно-відновлювальні роботи (РВР) [1]. Традиційні матеріали для ремонту ЗБ ГТС мають недостатні фізико-механічні та експлуатаційні показники. Для підвищення якості РВР на сучасному етапі все частіше застосовують модифіковані полімерцементні розчини [2]. При дрібному конструкційному ремонті ЗБ ГТС меліоративних систем важливими умовами проведення РВР є стабільність рецептури, високі фізико-механічні властивості ремонтного композиту та простота виконання робіт, якими володіють сухі будівельні суміші (СБС) [3]. Для надання спеціальних властивостей розчиновим сумішам та розчинам на основі СБС застосовують модифікуючі добавки, основними з яких є суперпластифікатори, мікронаповнювачі та армуючі волокна.

Результати досліджень показали збільшення міцнісних показників цементно-піщаних розчинів, модифікованих порошковим суперпластифікатором полікарбоксилатного типу Сіка ВіскоКрет 225. Принцип дії даного суперпластифікатора (СП) базується на зменшенні поверхневого натягу рідини на межі поділу фаз, що забезпечує високий водоредукуючий ефект. Для підвищення щільності, технологічності та міцнісних показників цементно-піщаних розчинів актуальним є застосування активної мінеральної добавки – аморфного мікрокремнезему (МК), який вступає в процес структуроутворення цементної матриці вже на ранніх стадіях і дозволяє підвищити ступінь та рівномірність гідратації цементу. Комплексне застосування СП та МК підсилює ефект кожної окремої модифікуючої добавки та дозволяє отримати композиційний матеріал із високими міцнісними та експлуатаційними показниками ( $R_{зг} = 12,5 \text{ МПа}$ ,  $R_{ст} = 65 \text{ МПа}$ ,  $W_m = 2,0\%$ ) [4-6]. Додавання армуючих волокон (фібри) дозволяє збільшити міцність на згин та тріщиностійкість цементно-піщаного розчину і є актуальним

напрямком модифікації цементно-піщаних розчинів для ремонту ЗБ ГТС меліоративних систем [7]. Поєднання суперпластифікатора, мікрокремнезему та фібри дає складну багатокомпонентну систему на основі полімерцементної сухої будівельної суміші (ПСБС), але процес структуроутворення цементного композиту та результат взаємодії цих добавок не вивчено в повній мірі.

**Матеріали та методики проведення досліджень.** Для визначення оптимального вмісту компонентів та їх впливу на фізико-механічні та технологічні показники модифікованого цементно-піщаного розчину найефективнішими є методи математичного моделювання, які базуються на побудові експериментально-статистичних моделей типу «рецептура-властивості» [8]. У дослідженнях застосовували портландцемент (Ц) ПЦ 1-500 ПАТ«Волинь-цемент», пісок річковий Дніпровський з модулем крупності  $M_{кр} = 1,2$  (П), суперпластифікатор порошковий (СП) Сіка ВіскоКрет 225, аморфний мікрокремнезем (МК) Мікросіліка (Elkem Microsilica) та поліпропіленову фібру (Ф) (ТУ У 24.7-32781078-001:2006). Вода для всіх дослідів відповідала вимогам ДСТУ Б В.2.7-273:2011. Вода для бетонів і розчинів.

Для виявлення впливу факторів рецептури на основі властивості полімерцементних розчинів було реалізовано трьохфакторний некомпозиційний план типу Бокса-Бенкина  $ВВ_3$  з 13 точками експерименту. У результаті проведеної пошуково-оціночної серії однофакторних експериментів визначено фактори та рівні варіювання для оптимізації ПСБС (табл.1).

Розчинові суміші готували з використанням ручного низькообертового електроміксера: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв, а потім цю суміш перемішували з водою протягом 5хв. Цементно-піщане відношення (Ц:П) для всіх зразків складало 1:3. Дозування модифікуючих добавок розраховували по відношенню до маси цементу. Цементно-піщане відношення (Ц:П) в усіх точках матриці експерименту складало 1:3. Рухомість рівнорухомих розчинів була прийнята постійною і складала 2,5-3,0 см.

## 1. Умови планування експерименту при дослідженні ПСБС

Фактори складу	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	-1	0	+1	
$X_1$ , вміст суперпластифікатору, % від маси цементу	0,1	0,3	0,5	0,2
$X_2$ , вміст мікрокремнезему, % від маси цементу	5	15	25	10
$X_3$ , вміст фібри, % від маси цементу	0	0,3	0,6	0,3

Для одержаних сумішей визначали рухомість (Р) за ДСТУ Б В. 2.7–239:2010 «Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань», а для затверділого бетону - міцність на згин ( $R_{зг}$ ) та на стиск ( $R_{ст}$ ) за ДСТУ Б В. 2.7–224:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності». Зразки-балочки розміром 4x4x16см витримували в нормально-вологих умовах протягом 8 діб. Водопоглинання виробів на цементному в'язучому визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-170 «Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності».

**Результати досліджень.** На підставі одержаних експериментальних даних отримані рівняння регресії, адекватні при 95-відсотковій довірчій ймовірності. Враховані тільки значимі коефіцієнти регресії. На основі одержаних моделей побудовані діаграми (геометричні образи моделей), які відображають вплив компонентів ПСБС для конструкційного ремонту на її властивості в локальних точках експерименту ( $X_3=-1$ ;  $X_3=0$ ;  $X_3=+1$ ).

Вплив суперпластифікатора, мікрокремнезему та фібри на міцність на згин модифікованого цементно-піщаного розчину описує модель (1):

$$R_{зг} = 12,16 + 1,93x_1 + 0,53x_2 + 0,41x_3 - 1,22x_1^2 - 0,02x_2^2 - 0,02x_3^2 + 0,18x_1x_2 + 0,15x_1x_3 + 0,015x_2x_3 \quad (1)$$

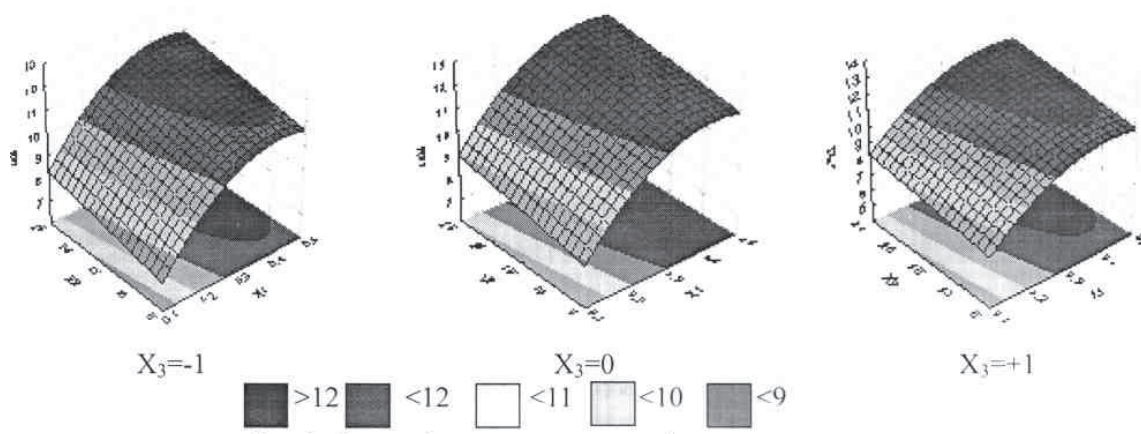


Рис.1 Вплив факторів оптимізації на міцність на згин

Для забезпечення  $R_{зг} > 10,0 \text{ МПа}$  вміст суперпластифікатора має бути в межах СП=0,2...0,5%, а МК=5...25%, а для отримання міцності на згин більшою за 12МПа дозування мікрокремнезему та суперпластифікатора необхідно збільшити до СП>0,28...0,5% і МК=8...25%.

Вплив суперпластифікатора, мікрокремнезему та фібри на міцність на стиск модифікованого цементно-піщаного розчину описує модель (2):

$$R_{cm} = 76,04 + 13,96x_1 + 6,33x_2 + 1,26x_3 - 8,56x_1^2 + 4,19x_2^2 - 5,86x_3^2 + 4,37x_1x_2 - 0,76x_1x_3 + 0,53x_2x_3 \quad (2)$$

Аналіз моделі дає можливість стверджувати про позитивний вплив суперпластифікатора та мікрокремнезему на міцність на стиск. Найбільшим зміцнюючим ефектом володіє суперпластифікатор (коефіцієнт при  $x_1$   $b_1=13,96$ ). Поліпропіленова фібра має найменший вплив на міцність на стиск (коефіцієнт при  $x_3$  становить 1,26), а її одночасна дія з суперпластифікатором та мікрокремнеземом не суттєво впливає на міцнісні показники модифікованого розчину. Мікрокремнезем має чітко виражений позитивний вплив на міцність на стиск модифікованого розчину.

Для забезпечення показників міцності на стиск  $R_{ст} \geq 80,0 \text{ МПа}$ , дозування СП та МК повинно бути в межах СП=0,25...0,5%, МК=12,5...25% в локальній точці  $\Phi=0\%$  та СП=0,26...0,5%, МК=14...25% при  $\Phi=0,3\%$ . Для локальної точки  $X_3=+1$  ( $\Phi=0,6\%$ ) вміст СП для отримання міцності на стиск не менше ніж 80,0МПа знижується і становить 0,22%, а МК=8...25%. Графічно дана модель в локальних точках  $X_3$  показана на рис.2.

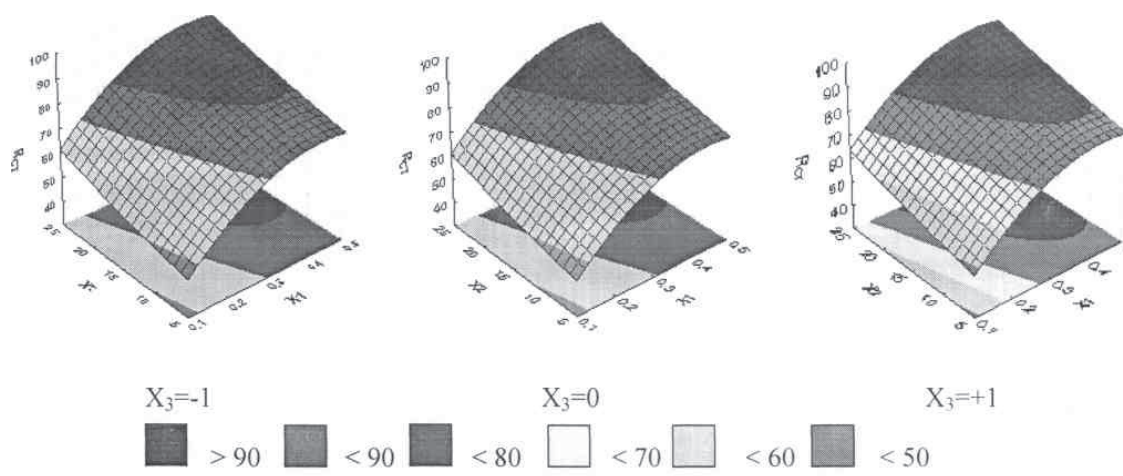


Рис.2. Вплив СП, МК та  $\Phi$  на міцність на стиск модифікованого розчину

Одночасно з міцнісними показниками модифікованого розчину було досліджено вплив зазначених факторів на водопоглинання  $W_m$  зразків. Дану залежність описує математична модель (3):

$$W_m = 1,67 - 2,02x_1 - 0,46x_2 + 0,44x_3 + 1,13x_1^2 + 0,67x_2^2 - 0,19x_3^2 - 0,04x_1x_2 - 0,21x_1x_3 - 0,22x_2x_3 \quad (3)$$

Математична модель впливу СП, МК та  $\Phi$  на водопоглинання зразків, виготовлених з модифікованого цементно-піщаного розчину, вказує, що найбіль-

шим ефектом характеризується суперпластифікатор. СП суттєво зменшує водопоглинання зразків на основі модифікованого розчину ( $b_1 = -2,02$ ), в той час як поліпропіленова фібра збільшує водопоглинання матеріалу -  $b_3 = 0,44$ . При одночасному використанні мікрокремнезему чи суперпластифікатора з фіброю, їх вплив на водопоглинання також стає позитивним (всі коефіцієнти мають знак мінус). Графічно вплив даних факторів показано на рис.3.

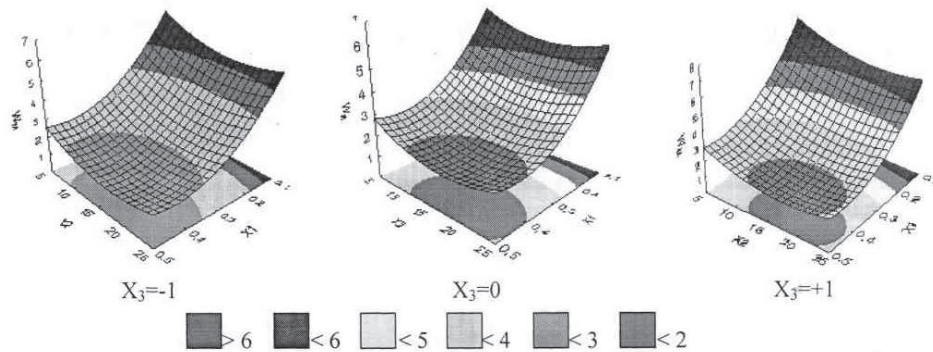


Рис.3. Вплив факторів варіювання на водопоглинання по масі модифікованих зразків в локальній точці

Для забезпечення водопоглинання  $W_m \leq 5\%$  при  $\Phi = 0\%$  дозування суперпластифікатора повинно становити СП=0,18...0,5%, а МК=5...25%, а найкращі показники водопоглинання можна отримати збільшивши вміст СП до 0,35...0,5%, а мікрокремнезему - до 8...25%. Для локальної точки  $X_3 = 0$  ( $\Phi = 0,3\%$ ) зменшення водопоглинання до значення  $W_m \leq 5\%$  можливе в діапазоні значень СП=0,2...0,5%, а МК=5...25%. Водопоглинання  $W_m \leq 2\%$  мають зразки, в яких концентрація СП та МК становить: СП=0,35...0,5%, МК=10...25%. При  $X_3 = +1$  область найменшого водопоглинання зміщується в зону збільшення вмісту МК та СП (СП=0,36...0,5%, а МК=11...24%).

При використанні суперпластифікатора разом з мікрокремнеземом та поліпропіленовою фіброю важливим технологічним показником розчину є його водо-цементне відношення (В/Ц). Для забезпечення сталої рухомості В/Ц модифікованого розчину потрібно змінювати в залежності від концентрації компонентів. Зменшення В/Ц призводить також до ущільнення структури бетону, зменшення його водопоглинання та збільшення міцності. Вплив факторів варіювання на В/Ц рівнорухомих модифікованих розчинів описує модель (4):

$$В/Ц = 0,28 - 0,07x_1 + 0,03x_1^2 + 0,02x_2 + 0,01x_2^2 - 0,02x_1x_2 \quad (4)$$

Як показує аналіз моделі (4), вміст фібри не впливає суттєво на В/Ц модифікованого розчину. Суперпластифікатор зменшує В/Ц рівнорухомих модифікованих розчинів (коефіцієнт  $b_1 = -0,07$ ), а мікрокремнезем навпаки збільшує водопотребу розчину ( $b_2 = 0,02$ ). Графічно дану модель при різних значеннях  $X_3$  зображено на рис.4.

Аналіз рис.4 показує, що для забезпечення  $В/Ц \leq 0,32$  дозування СП та МК повинно бути:

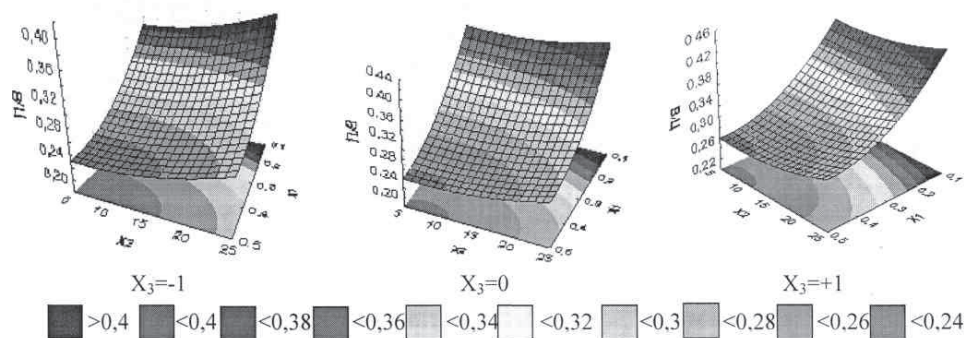


Рис. 4. Вплив мікрокремнезему та суперпластифікатора на В/Ц рівнорухомого розчину

СП=0,17...0,5%, МК=5...25% при  $\Phi=0\%$ ; СП=0,19...0,5%, МК=5...25% при  $\Phi=0,3\%$ ; СП=0,23...0,5%, МК=5...25% при  $\Phi=0,6\%$ .

Мінімальні значення для кожної локальної точки: СП=0,38...0,5%, МК=5...15% при  $\Phi=0\%$  для зменшення В/Ц нижче 0,24; СП=0,45...0,5%, МК=5...10% при  $\Phi=0,3\%$  для зменшення В/Ц нижче 0,24; СП=0,45...0,5%, МК=5...12% при  $\Phi=0,6\%$  для зменшення В/Ц нижче 0,26. Із наведених даних витікає, що при збільшенні вмісту фібри необхідно збільшувати дозування суперпластифікатора і зменшувати вміст мікрокремнезему для забезпечення найменшого В/Ц.

**Висновок.** Одержані результати свідчать про високу ефективність комплексного застосування суперпластифікатора, мікрокремнезему та поліпропіленової фібри при розробці композиційного матеріалу для ремонту залізобетонних гідротехнічних споруд меліоративного комплексу на основі ПСБС. У результаті пошукової роботи отримано оптимальні концентрації основних модифікуючих добавок в ремонтній ПСБС: СП=0,23...0,5%(Ц), МК=5...25%(Ц),  $\Phi=0...0,6\%$ (Ц) для забезпечення  $R_{ct} > 60$  МПа,  $R_{3г} > 10$  МПа, водопоглинання  $W_m < 5\%$  та В/Ц < 0,32.

#### Бібліографія

1. Коваленко О.В. Развитие научных основ та практичних засад ведення ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах водогосподарсько-меліоративного комплексу / О.В. Коваленко // Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка.-2011. -№42. -С. 21-25.
2. Резник В.Б. Новые материалы и конструкции на основе полимеров в водохозяйственном строительстве / В.Б. Резник. - К.: Будівельник, 1987.- 176с.
3. Р.Ф. Рунова. Технологія модифікованих будівельних розчинів: Підручник / Р.Ф. Рунова, Ю.Л. Носовський // Видавництво КНУБіА - 2007. - 256с.
4. Коваленко О.В. Сухі будівельні суміші для ремонту та відновлення залізобетонних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу / О.В. Коваленко, А.О. Агеев // Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка», №52 - Товариство «Знання» України. 2014. - С. 93-98.
5. Агеев А.О. Закономірності впливу мікрокремнезему Elkem Microsilica на технологічні та фізико-механічні властивості цементно-піщаного розчину / А.О. Агеев // Сборник научных трудов SWorld. - Выпуск 1(38).Том 6.- Иваново: Маркова АД, 2015. - С. 89-95.
6. Коваленко О.В. Вплив органо-мінеральної добавки на властивості цементно-піщаного розчину / О.В.Коваленко, А.О. Агеев // Меліорація і водне господарство. - Вип. №102. - 2015 - С. 128-131.
7. Коваленко О.В. Модифікуючі добавки - головний фактор підвищення фізико-механічних властивостей ремонтно-захисних сухих будівельних сумішей / О.В.Коваленко // Меліорація і водне господарство. - Вип. №102. - 2015. - С. 131-135.
8. Вознесенский А.В. Современные методы оптимизации композиционных материалов /А.В. Вознесенский. - К.: Будівельник, 1983. - 114 с.

А.А. Агеев, А.В. Коваленко, О.О. Дехтяр, Н.Д. Брюзгина.

#### Оптимизация рецептуры ремонтных полимерцементных сухих строительных смесей

Приведены результаты исследований влияния содержания суперпластификатора, микрокремнезема и полипропиленовой фибры на прочностные и технологические свойства модифицированных цементно-песчаных растворов. Проведена оптимизация рецептуры полимерцементной сухой строительной смеси для ремонта железобетонных конструкций ГТС меліоративных систем.

A.A. Ageev, O.V. Kovalenko, O.O. Dehtyar, N.D. Bruzgina

#### Optimization of the composition of repair polymer-cement dry composites

The results of the influence the content of superplasticizer, silica fume and polypropylene fibers on the strengths and technological properties of the modified cement-sand mortar were showed. The optimization of the formula of polymer-cement mortar for the repair of reinforced concrete structures of reclamation systems was completed.

## ЗМІСТ

*ВОДНІ РЕСУРСИ***Ромащенко М.І., Дехтяр О.О.**

Деякі питання реформування водогосподарської галузі України ..... 3

**Вишневський В.І., Шевчук С.А., Шевченко О.І.**

Якість води в річці Рось ..... 9

**Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П., Кукла І.О.**

Шахтний колодязь з горизонтальними дренами для забору і подачі інфільтраційних вод в зонах підтоплення сільських територій ..... 16

**Шевченко А.М., Власова О.В.**

Удосконалення системи просторового оцінювання водно-екологічних та еколого-меліоративних ситуацій з використанням супутникових даних ..... 21

**Кулаківський С.В., Стасюк С.Р., Сілянок Д.О., Хоружий П.Д., Чарний Д.В.**

Методологічні основи створення замкнених систем водокористування на підприємствах АПК ..... 26

**Рожко В.І., Ковальчук П.І.**

Аналіз якості води для питного водопостачання в системі каналу Дніпро-Донбас ..... 32

**Харланов Д.І., Хоружий П.Д.**

Удосконалення технології забору і очищення води з поверхневих водних об'єктів на групових сільгоспводопроводах ..... 37

*АГРОРЕСУРСИ***Дацько Л.В.**

Сучасне сільськогосподарське використання земель Гумідної зони України ..... 41

**Рокочинський А.М., Турченко В.О., Приходько Н.В.**

Врахування погодно-кліматичних умов при оцінці ефективності функціонування рисових зрошувальних систем ..... 48

**Романенко О.Л., Конова С.Р., Бальошенко С.В., Дацько Л.В.**

Вологозабезпеченість посівів озимої пшениці в умовах глобального потепління на півдні Степу України ..... 54

*ЗРОШЕННЯ – ОСУШЕННЯ***Шатковський А.П.**

Параметри режимів краплинного зрошення та продуктивність буряків цукрових у зоні Степу України ..... 59

**Яцик М.В., Воропай Г.В., Молеца Н.Б.**

Підвищення водозабезпеченості меліоративних систем Гумідної зони ..... 63

**Попов В.М., Таргоній М.М.**

Обґрунтування технології автоматизованого управління водоподачею на зрошувальних системах ..... 69

**Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов М.В.**

строки настання основних фаз росту та розвитку сочевиці залежно від умов зволоження ..... 74

**Ромащенко М.І., Шатковський А.П., Конаков Б.І., Бабіцький В.В., Васюта В.В.**

Дощування та краплинне зрошення: особливості застосування в сучасних умовах ..... 77



*ГІДРОЛОГІЯ – ЕКОЛОГІЯ***Дятел О.О., Цвєтова О.В., Тураєва О.В.**

Режим підземних вод у районі можливого впливу кар'єру «Хотиславський» на початок розробки мергельно-крейдяних відкладів ..... 84

**Бондар А.Є.**

Геоінформаційне моделювання басейну річки горинь за даними радарної зйомки SRTM засобами ARCGIS..... 88

*ГІДРОТЕХНІКА***Коваленко О.В., Агєєв А.О., Сакара О.Ю.**

Вплив поліпропіленової фібри на властивості цементно-піщаних ремонтних розчинів ..... 93

**Коваленко О.В.**

Модифікація цементно-піщаних ремонтних розчинів редиспергуючим полімерним порошком..... 97

**Юзюк О.Ю.**

Характеристика технічного стану протифільтраційних облицювань каналів Нижньо-Дністровської зрошувальної системи та шляхи його удосконалення..... 102

**А.О.Агєєв, О.В.Коваленко, О.О. Дєхтяр, Н.Д. Брюзгіна**

Оптимізація рецептури ремонтних полімерцементних сухих будівельних сумішей..... 107

Наукове видання

**Меліорація**  
*і водне господарство*

*Випуск 103*

**Міжвідомчий тематичний  
науковий збірник  
Заснований у 1965 році.**

Редактор – Т.І. Трошина.  
Коректор – Н.В. Логунова.

Підп. до друку 16.05.2016 р. Папір офс. Гарнітура Times.  
Спосіб друку - ризографія. Ум. друк. арк. 14,2.  
Наклад 100 прим. Зам. № .

Друк: Видавництво ВП «Едельвейс» 03170, м. Київ, вул. Зодчих, 74, Тел. (044) 361-78-68  
Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої діяльності серія ДК № 4249 від 29.12.2011 р.