



Кузьмич А. А., аспірант, Волк П. П., д.т.н., професор, Рокочинський А. М., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, p.p.volk@nuwm.edu.ua)

ОЦІНЮВАННЯ ВОДОПОТРЕБИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗВОЛОЖЕННЯ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЩОДО ЗМІННИХ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ТА АГРОМЕЛІОРАТИВНИХ УМОВ

Представлені дані про випаровування та водопотребу сільськогосподарських культур у різні періоди їхнього розвитку залежно від наявних погодно-кліматичних умов та традиційних технологій зволоження осушуваних земель. Вони є основою розробки проєктних і формування експлуатаційних режимів водорегулювання, що здійснюється шляхом вибору й обґрунтування необхідних способів водорегулювання, типів, конструкцій і режимів роботи гідромеліоративних систем, розрахунку їхніх параметрів. Для досягнення поставленої мети авторами виконано оцінювання погодно-кліматичних умов Західного Полісся України, спланований і здійснений широкомасштабний машинний експеримент на ЕОМ, в основу якого покладено комплекс прогнозно-імітаційних моделей щодо основних режимно-технологічних змінних параметрів гідромеліоративних систем, кліматичних умов місцевості, водного режиму, технологій водорегулювання та продуктивності осушуваних земель для схематизованих природних, агротехнічних та меліоративних умов. Об'єктом досліджень обрано дренажну систему «Цирська» Волинської області, яка за природно-агромеліоративними умовами є типовою для даного регіону. За довготерміновим прогнозом визначено вегетаційні значення сумарного випаровування та формування водопотреби осушуваних земель щодо змінних погодно-кліматичних та агромеліоративних умов. Виконано оцінювання технологічної ефективності різних технологій зволоження осушуваних земель. Отримані результати можуть бути ефективно використані при обґрунтуванні режимно-технологічних рішень у проєктах будівництва і реконструкції гідромеліоративних систем Західного Полісся України, необхідності подальшого удосконалення технологій водорегулювання осушуваних земель у змінних кліматичних умовах та розробці

гідротехнічних адаптивних заходів до прогнозованих змін клімату в регіоні.

Ключові слова: водопотреба; осушувані землі; зміни клімату; мінеральні ґрунти; торфові ґрунти; модуль водоподачі; технології водорегулювання.

Актуальність напряму дослідження. Як переконливо свідчать багаточисленні результати досліджень, людство стикнулося з серйозною проблемою – глобальною зміною клімату. Не виключенням є і Україна, яка також належить до числа регіонів планети, де зміни клімату вже сьогодні є відчутними.

Зміни погодно-кліматичних умов безпосередньо впливають на функціонування гідромеліоративних систем в цілому та умови вирощування сільськогосподарських культур зокрема. Як об'єкт впливу атмосферних процесів аграрне виробництво суттєво залежить від метеорологічних умов, що складаються, і повинне своєчасно забезпечуватися інформацією щодо їхніх очікуваних змін [1].

Сучасний етап розвитку аграрного виробництва, зокрема, на землях із регульованим водним режимом, характеризується комплексом невирішених завдань, що пов'язані насамперед із практичною відсутністю достатніх методів обґрунтування загальної еколого-економічної доцільності реалізації меліоративних заходів з урахуванням змін клімату на різних рівнях ухвалення рішень у часі. Тому вже зараз виникає необхідність визначення наслідків прогнозованих глобальних змін клімату та ухвалення відповідних адаптивних рішень щодо цих змін та пом'якшення їхніх наслідків.

Для осушуваних територій з близьким заляганням ґрунтових вод погодно-кліматичні умови безпосередньо беруть участь у формуванні водного режиму ґрунту і ґрунтових вод, визначаючи напрям перебігу ґрунтових процесів як у природному стані, так і в окремі технологічні періоди вирощування сільськогосподарських культур.

Прогнозоване підвищення температури повітря та посилення посушливості в умовах змін клімату, які спостерігаються вже сьогодні, неминуче призведуть до зменшення природної вологозабезпеченості території та збільшення загальної водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях. У свою чергу, нестача природної вологи потребуватиме додаткового зволоження вирощуваних культур шляхом реалізації відповідних технологій зволоження осушуваних земель. Тому дані про загальну водопотребу вирощуваних культур та



її зміну є основою для розробки проєктних і формування експлуатаційних режимів водорегулювання в умовах змін клімату, що здійснюється шляхом вибору й обґрунтування необхідних способів водорегулювання, типів, конструкцій і режимів роботи дренажних систем, розрахунку їхніх параметрів.

У зв'язку з цим, метою дослідження є оцінювання змін у водопотребі при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях Західного Полісся України у змінних кліматичних умовах для обґрунтування відповідних адаптивних рішень.

Представлені матеріали є продовженням досліджень, що здійснювалися в межах виконання спільного проєкту Інституту водних проблем і меліорації НААН та Національного університету водного господарства та природокористування «Виконати оцінку впливу змін клімату на вологозабезпечення рослин і розробити ГІС-систему управління зрошенням і водорегулюванням».

За результатами оцінювання регіональних темпів потепління встановлено, що на півдні і північному сході країни в 1991–2019 рр. середньорічна температура повітря виявилася на 1,0–1,1° С вище ніж для нормативного періоду (1961–1990 рр.), на заході – на 1,2–1,3° С, а на півночі і в центральних областях – на 1,4–1,5° С. Тобто темпи підвищення температури повітря за 1975–2019 рр. складають від 0,61 до 0,82° С/10 років, тоді як у сусідніх пострадянських країнах (Росія, Молдова, Білорусь) – 0,47–0,59° С/10 років, а в північній півкулі і Європі – 0,34 і 0,47° С/10 років відповідно. Ці дані свідчать про те, що швидкість підвищення температури повітря в Україні значно вища за європейські і глобальні масштаби.

У довгостроковій перспективі до кінця 2100 р. частина території України з недостатнім рівнем зволоження може досягти 71% проти 50% в 1991–2015 рр. з одночасним зниженням площ орних земель з достатнім зволоженням до 5,5–1,8 млн га.

Для оцінювання ретроспективних, сучасних та очікуваних змін клімату в зоні Західного Полісся України та їх впливу на ефективність ведення сільськогосподарського виробництва, родючість і вологозабезпеченість ґрунтів, умови функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів, а також з метою розробки відповідних адаптивних заходів, нами був спланований і здійснений широкомасштабний машинний експеримент із використанням сучасних інформаційних і комп'ютерних технологій. Дослідження ґрунтуються на використанні відповідного комплексу прогнозно-імітаційних моделей і включають в себе модель клімату місцевості, модель водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель, модель розвитку і формування врожаю вирощуваних

культур, які реалізуються на основі довгострокового прогнозу.

Що стосується нашого оцінювання змін клімату, то прогноз був здійснений:

- за такими основними метеорологічними характеристиками: температура повітря, опади, відносна вологість і дефіцит вологості повітря;

- для наступних рівнів і відповідних періодів оцінювання: ретроспективний – 1945–1990 рр.; сучасний – 1991–2015 рр.; прогнозний – (за кліматичною моделлю UKMO – модель Метеорологічного бюро Об'єднаного Королівства, передбачає підвищення середньорічної температури повітря на 6° С при подвоєнні змісту CO₂ в атмосфері). Ця модель при прогнозних режимних розрахунках враховує більш критичні сценарії змін погодно-кліматичних умов і краще узгоджується з моделями, які використані нами для прогнозної оцінки нормованого розподілу основних метеорологічних характеристик у багаторічному і внутрішньовегетаційному розрізі.

Узагальнені результати порівняння встановлених середньобагаторічних норм вегетаційних значень показників основних метеорологічних характеристик щодо розглянутих рівнів оцінювання, а також можливий характер їх зміни за останні фактичні роки (2015–2023 рр.) для умов Поліського регіону наведено на рис. 1.

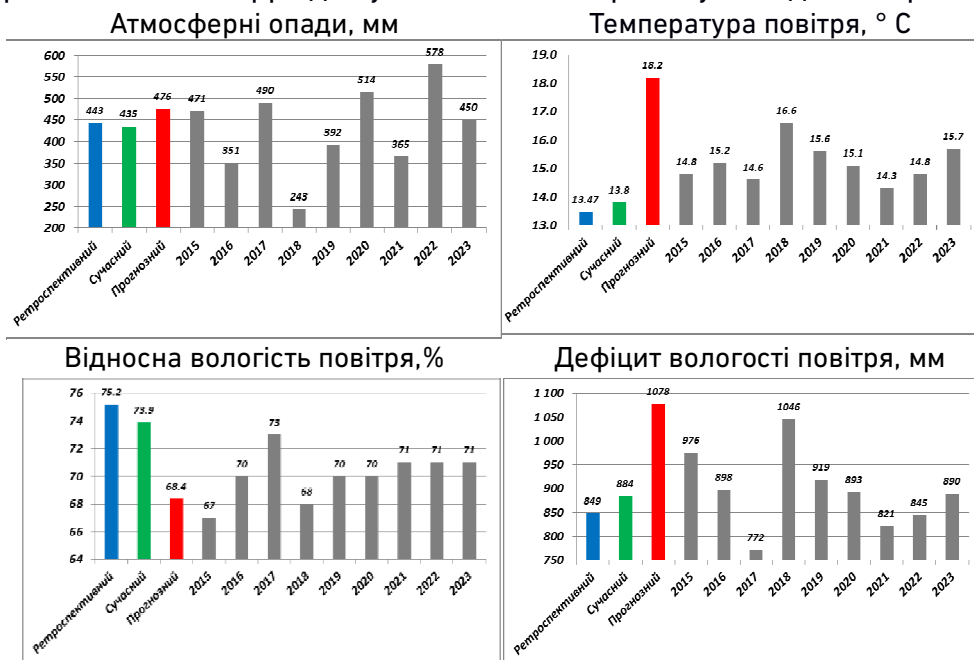


Рис. 1. Порівняльне оцінювання середньобагаторічних норм вегетаційних значень показників основних метеорологічних характеристик для умов Поліського регіону за розглянутими рівнями



Аналізуючи дані, представлені на рис. 1, можна зробити наступні висновки:

- **щодо атмосферних опадів** – характерним є суттєва амплітуда вегетаційних значень – від 578 мм у 2022 р. до 243 мм у 2018 р. При цьому значення атмосферних опадів у 2015, 2017, 2020 та 2023 рр. вже знаходять на рівні або вище прогнозованого значення за моделлю UKMO як більш критичного сценарію, тоді як у 2016, 2018, 2019 та 2021 рр. атмосферні опади є суттєво нижчими за середньобагаторічні ретроспективне та сучасне значення, що свідчить про суттєві коливання у кількості атмосферних опадів в регіоні за останні роки;

- **щодо температури повітря** – за останні роки чітко простежується значне перевищення вегетаційних значень середньої температури повітря порівняно з її середньобагаторічними нормами щодо ретроспективного та сучасного рівня. Максимальне значення середньої за вегетаційний період температури повітря складає $16,6^{\circ}\text{C}$ у 2018 р., однак воно є значно нижчим за прогнозоване значення відповідно до моделі UKMO – $18,2^{\circ}\text{C}$;

- **щодо відносної вологості повітря** – отримані за останні роки значення цієї метеорологічної характеристики в цілому є меншими за її середньобагаторічні норми щодо ретроспективного та сучасного рівня оцінювання. Максимальне значення відносної вологості повітря 73% має місце у 2017 р., що значно перевищує норму щодо прогнозованого рівня, при цьому значення відносної вологості повітря для решти років спостережень є відносно наближеними до прогнозованого значення за моделлю UKMO;

- **щодо дефіциту вологості повітря** – характерним є суттєве коливання дефіциту вологості повітря в регіоні за останні роки – від 772 мм у 2017 р. до 1046 мм у 2018 р., яке є досить близьким до прогнозованого значення за моделлю UKMO. Вегетаційні значення дефіцитів вологості повітря у 2015, 2016, 2019, 2020 та 2023 рр. перевищують їх середньобагаторічні норми щодо ретроспективного та сучасного рівнів оцінювання.

Оскільки першим кроком в оцінюванні змін у водопотребі сільськогосподарських культур є дослідження зміни погоднокліматичних умов місцевості, для вирішення цього завдання, згідно з [3; 5], розрахунок здійснено для п'яти типових груп розрахункових років щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періодів вегетації сукупності $\{p\}, p = \overline{1, n}_p$: *дуже вологі* ($p=10\%$); *вологі* ($p=30\%$); *середні* ($p=50\%$); *сухі* ($p=70\%$) та *дуже сухі* ($p=90\%$) за такими основними метеорологічними характеристиками, як: *сума опадів* (P , мм);

середня температура повітря (T , °C); сума дефіциту вологості повітря (D , мм); середня відносна вологість повітря (H ,%) та їхніми похідними: випаровуваність (E^0 , мм), визначена загальновідомою формулою М. М. Іванова; коефіцієнт вологозабезпеченості (k_w , мм) як відношення суми опадів до випаровуваності.

Отримані результати переконливо свідчать про наявність змін погодно-кліматичних умов Західного Полісся України [2; 3], вказують на стійку тенденцію до підвищення посушливості клімату в регіоні. Зокрема, останні роки характеризуються рекордними температурними максимумами (наприклад, у 2018 р. середня температура повітря за вегетаційний період становила 16,6° С при середньобагаторічній нормі 13,5° С) та посиленням сезонної нерівномірності випадання опадів, що негативно впливає на запаси природної ґрунтової вологи, доступної для вирощуваних культур.

В цілому сучасні вегетаційні значення основних метеорологічних характеристик вже знаходяться в межах їхніх прогнозованих змін [6], тому подальші дослідження щодо оцінювання зміни водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях Західного Полісся України виконані нами для сучасних погодно-кліматичних умов за варіантом досліджень «Recent».

Основою формування величини водопотреби сільськогосподарських культур є випаровування, значення якого визначається погодно-кліматичними умовами місцевості. Сьогодні розглядають три основні групи методів визначення випаровування: методи визначення потоків водяної пари від випаровуючої поверхні в атмосферу; методи визначення теплового балансу; водобалансові методи.

У зв'язку зі складною залежністю випаровування від численних чинників, що його визначають, на цей час існує багато різних за ступенем складності моделей зв'язку інтенсивності випаровування з показниками, що впливають на нього. Такі моделі розроблені І. А. Шаровим, Г. К. Льговим, С. І. Харченко, А. Р. Константиновим, М. І. Будико, М. В. Данильченко, Д. А. Штойко, Х. Л. Пенманом, Л. Тюрком та ін. – для зони зрошення, в практиці осушувальних меліорацій використовують формули А. М. Костякова, А. І. Івицького, А. І. Шарова, В. Ф. Шебеко, А. М. Янголя та ін.

Серед іноземних розробок найбільшою популярністю користуються методи Блейні і Кридла, Торнтвейна, Пенмана – Монтейта.

В Україні широкого застосування й офіційного статусу [7] набула методика водобалансових розрахунків при зволоженні осушуваних земель, розроблена А. М. Янголем [8]. Вона ґрунтується



на використанні однакової повторюваності опадів і дефіциту вологості повітря, за яким визначається величина сумарного випаровування.

Оскільки водопотреба залежить від кліматичних умов місцевості, водного режиму осушуваних ґрунтів, що, своєю чергою, визначається зміною погодно-кліматичних умов та технологій водорегулювання, а також ростом та розвитком вирощуваних сільськогосподарських культур, вирішення задачі щодо оцінювання зміни водопотреби сільськогосподарських культур в умовах змін клімату потребує застосування відповідного комплексу прогнозно-імітаційних моделей, який повинен включати в себе модель клімату місцевості, модель водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель, модель розвитку та формування урожаю вирощуваних культур, які реалізуються за довготерміновим прогнозом [9].

Для ефективної реалізації завдань такого роду на кафедрі водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування розроблено комплекс ієрархічно зв'язаних прогнозно-імітаційних моделей, практичне застосування яких регламентоване відповідними галузевими нормативами Держводагентства України:

- щодо кліматичних умов місцевості чи метеорологічних режимів [5];

- щодо водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель [10];

- щодо продуктивності осушуваних земель [11].

Тут модель водного режиму та технологій водорегулювання зв'язує між собою параметри режимів і технологій, а тому має універсальний характер і є базовою у створюваному комплексі прогнозно-імітаційних моделей з обґрунтування проєктних рішень на еколого-економічних засадах [12].

Застосування такого комплексу прогнозно-імітаційних моделей дає змогу вибору та обґрунтування кращого варіанту технології водорегулювання осушуваних земель з урахуванням необхідності додаткового зволоження за визначеною водопотребою вирощуваних культур у змінних кліматичних умовах.

Методи дослідження ґрунтуються на застосуванні теорії систем з основами системного підходу, системного аналізу та моделювання орієнтованого на широке використання ЕОМ та відповідного програмного й інформаційного забезпечення при розробці сучасних

підходів до обґрунтування технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель в умовах зміни клімату [9].

Для реалізації зазначеної мети нами було сплановано і здійснено імітаційне моделювання різних кліматичних сценаріїв у прискореному масштабі часу.

Об'єктом дослідження є дренажна еталонна система «Цирська» Волинської області загальною площею 15418 га за своїм функціональним призначенням є гідромеліоративною системою двосторонньої дії, тобто регулювання водного стоку передбачено як на осушення, так і на зволоження за допомогою попереднього шлюзування.

За конструктивними особливостями дренажна система «Цирська» складається з відкритого дренажу – каналів та закритої колекторно-дренажної мережі, в основі якої – гончарний дренаж. Роль магістрального каналу виконує р. Цир (рис. 1), що є правою притокою р. Прип'ять. Басейн р. Цир межує на півдні й заході з басейном р. Турія, а на сході – з басейном р. Коростинка. Площа водозбору – 472 км², довжина – 52 км, середній похил русла – 0,4°. Швидкість течії води в річці від 0,1–0,2 до 0,5 м/с.

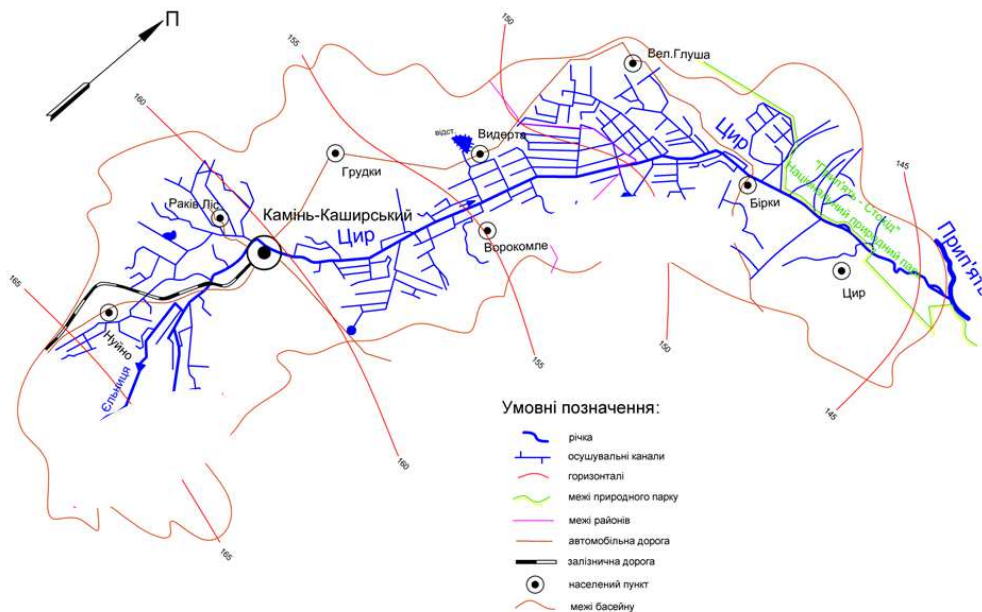


Рис. 1. Схема дренажної системи «Цирська» Волинської області



Прогнозні розрахунки у машинному експерименті виконані за такими множинними змінними умови:

– за ґрунтами $\{g\}$, $g = \overline{1, n_g}$ ($n_g = 3$), які характеризуються різним рівнем потенційної родючості за бонітетом у відповідних балах та часткою f_g розповсюдження в межах об'єкта: 1 – дерново-підзолисті (Б=28 балів), $f_g = 0,4$; 2 – торфово-болотні (Б=38 балів), $f_g = 0,6$;

– за типовими районованими для даної зони вирощуваними сільськогосподарськими культурами сукупності $\{k\}$, $k = \overline{1, n_k}$ ($n_k = 3$), та відповідною часткою їх посівних площ f_k : 1 – озима пшениця – (проектний врожай 47 ц/га) $f_k = 0,2$; 2 – картопля – 250 ц/га $f_k = 0,2$; 3 – багаторічні трави на сіно – 35 ц/га $f_k = 0,3$; 4 – овочеві (капуста пізня) – 420 ц/га $f_k = 0,3$;

– за типовими (розрахунковими) щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періодами вегетації сукупності $\{p\}$, $p = \overline{1, n_p}$

– ($n_p = 5$);

– за різними способами водорегулювання сукупності $\{s\}$, $s = \overline{1, n_s}$ ($n_s = 4$): ОС – осушення ($s = 1$); ПШ – попереджувальне шлюзування ($s = 2$); ЗШ – зволожувальне шлюзування ($s = 3$); ДП – зрошення дощуванням ($s = 4$).

Результати досліджень. Результати прогнозних розрахунків за здійсненим машинним експериментом опрацьовані нами за такою схемою і подані у відповідній послідовності:

Визначення й аналіз умов формування сумарного випаровування у сучасних змінних погодно-кліматичних та агрометеорологічних умовах щодо змінних метеорологічних режимів розрахункових за умовами тепло- й вологозабезпеченості періодів вегетації, видів вирощуваних сільськогосподарських культур, ґрунтів та технологій водорегулювання осушуваних земель подані в табл. 1.

Таблиця 1

Формування середньорічних вегетаційних значень сумарного випаровування щодо видів вирощуваних культур та технологій водорегулювання на осушуваних землях

Культура	Частка	Сумарне випаровування за вегетацію, м ³ /га			
		ОС	ПШ	ЗШ	ДП
<i>Мінеральні ґрунти</i>					
Озимі зернові	0,2	1840	1892	1952	2007
Картопля	0,2	3365	3482	3792	3965
Багаторічні трави	0,3	4117	4253	4620	4868
Овочеві	0,3	3699	3799	4116	4328
<i>Середньозважене</i>	<i>1,0</i>	3386	3490	3770	3953
<i>Торфові ґрунти</i>					
Озимі зернові	0,2	1839	1898	1953	2018
Картопля	0,2	3382	3516	3793	4106
Багаторічні трави	0,3	4169	4295	4594	4876
Овочеві	0,3	3708	3822	4112	4383
<i>Середньозважене</i>	<i>1,0</i>	3407	3518	3761	4002

Примітка: ОС – осушення; ПШ – попереджувальне шлюзування; ЗШ – зволожувальне шлюзування; ДП – зрошення дощуванням

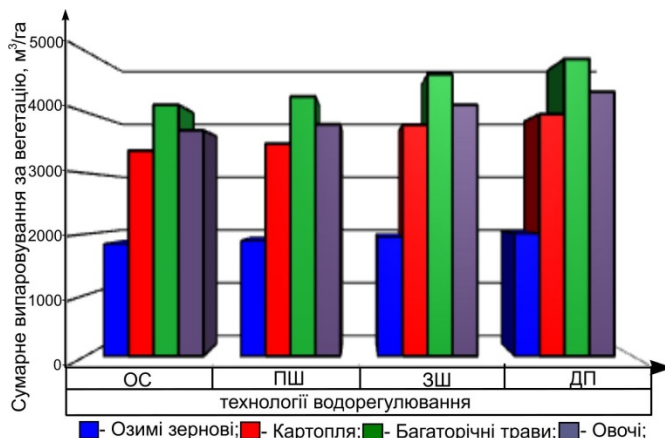


Рис. 2. Формування середньорічних вегетаційних значень сумарного випаровування щодо видів вирощуваних культур та технологій водорегулювання на мінеральних ґрунтах

Таблиця 2

Формування вегетаційних значень сумарного випаровування щодо кліматичних умов розрахункових років за різних технологій водорегулювання на осушуваних землях

Роки розрахункової забезпеченості, $p, \%$	Сумарне випаровування за вегетацію, $m^3/га$			
	ОС	ПШ	ЗШ	ДП
<i>Мінеральні ґрунти</i>				
10	2911	2911	2911	2911
30	3492	3500	3500	3500
50	3594	3627	3655	3822
70	3614	3819	4089	4362
90	2991	3281	4646	5137
<i>Середньозважене</i>	3386	3490	3770	3953
<i>Торфові ґрунти</i>				
10	2911	2911	2911	2911
30	3494	3505	3505	3505
50	3588	3631	3668	3804
70	3640	3835	4052	4505
90	3096	3426	4621	5252
<i>Середньозважене</i>	3407	3518	3761	4002

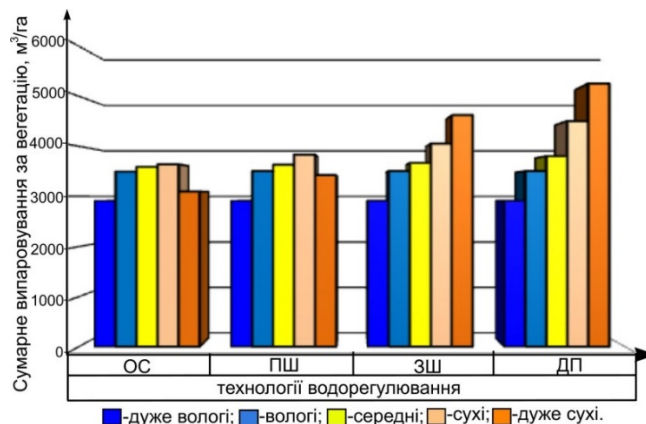


Рис. 3. Формування вегетаційних значень сумарного випаровування щодо кліматичних умов розрахункових років за різних технологій водорегулювання на торфових ґрунтах

Отримані результати є основою для подальшого визначення величини водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур у зоні осушувальних меліорацій України у змінних кліматичних умовах.

Визначення й аналіз водопотреби за основними показниками режиму та техніки зволоження (поливні й зволожувальні норми, кількість поливів, модулів водоподачі тощо) для зволожуваного шлюзування та зрошенням дощування як найбільш поширених технологій зволоження на осушуваних землях.

Результати розрахунків з визначення водопотреби представлені у вигляді діаграм, які у співставному вигляді відображають значення максимальних модулів водоподачі для дуже сухого ($p=90\%$) року у подекадному перерізі при вирощуванні запроєктованих сільськогосподарських культур на мінеральних (а) та торфових (б) ґрунтах при різних технологіях водорегулювання подані на (рис. 4, 5).

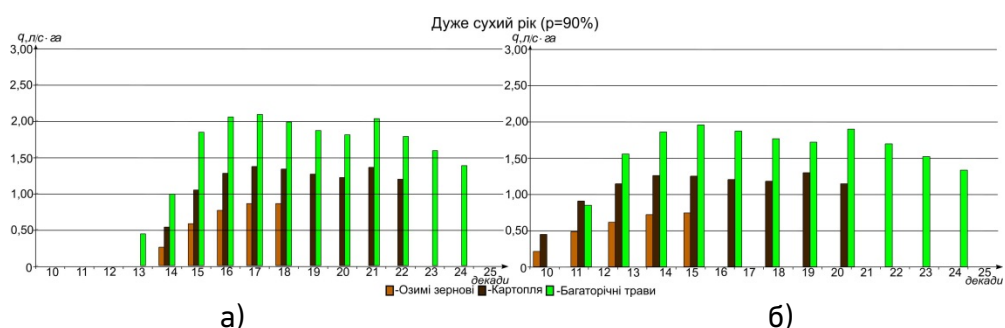


Рис. 4. Динаміка максимальних середньодекадних значень водопотреби за модулем водоподачі у посушливі періоди вегетації ($p=90\%$) при зволожувальному шлюзуванні осушуваних земель

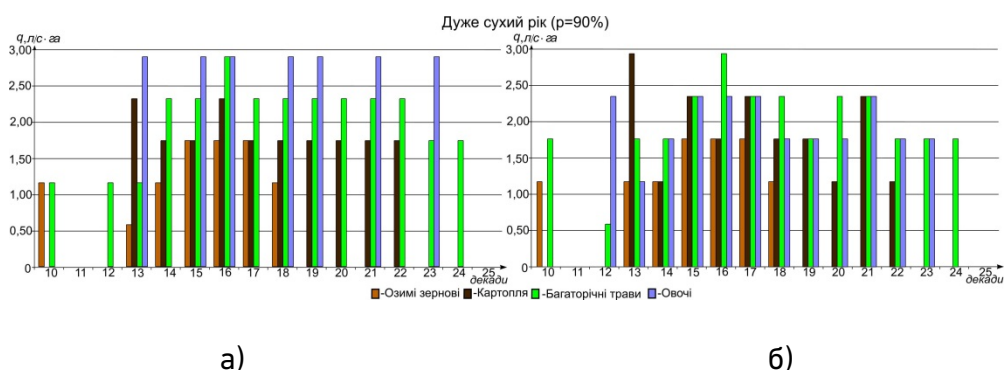


Рис. 5. Динаміка максимальних середньодекадних значень водопотреби за модулем водоподачі у посушливі періоди вегетації ($p=90\%$) при зрошенні дощуванням осушуваних земель

Аналіз й порівняльна оцінка технологічної ефективності застосування зволожуваного шлюзування та зрошення дощування на осушуваних землях представлені в табл. 3, 4.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика основних елементів режиму зволоження та показників технологічної ефективності при зволожувальному шлюзуванні осушуваних земель

Культура	Частка культури в сівозміні	Роки розрахункової забезпеченості, p , %							
		$p=70\%$				$p=90\%$			
		М	n/m	KKD	М/У	М	n/m	KKD	М/У
<i>Мінеральні ґрунти $g = 1, f_g = 0,4; B=28$ балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	50	2/25	1,81	1,01	397	4/99	1,42	8,21
Картопля	0,2	1061	10/106	1,57	3,45	1772	10/177	1,25	5,7
Багаторічні трави (сіно)	0,3	877	11/80	0,84	26	2500	11/227	0,67	74,6
Овочеві	0,3	837	11/76	0,78	2,25	1816	11/165	0,63	4,9
Середньо-зважене	1,0	736	8/87	1,16	9,36	1728	9/192	0,92	26,6
<i>Торфові ґрунти $g = 2, f_g = 0,6; B=38$ балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	0	0/0	1,83	0	324	4/81	1,4	6,81
Картопля	0,2	945	10/95	1,59	3,03	1776	10/178	1,25	5,72
Багаторічні трави (сіно)	0,3	683	10/68	0,83	20,5	2282	11/207	0,86	68,5
Овочеві	0,3	702	10/70	0,78	1,89	1723	10/172	0,62	4,7
Середньо-зважене	1,0	604	7/81	1,16	7,32	1621	9/185	0,97	24,4

Примітка: М – зволожувальна норма; n/m – кількість поливів/поливна норма; KKD – фактичне значення ККД використання ФАР вирощуваною культурою %; М/У – питомі затрати зрошуваної води на одиницю продукції м³/ц.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика основних елементів режиму зволоження та показників технологічної ефективності при зрошенні дощуванням осушуваних земель

Культура	Частка культури в сівозміні	В сучасних умовах							
		Розрахункові роки за забезпеченістю, $p, \%$							
		$p=70\%$				$p=90\%$			
		М	n/m	KKD	М/У	М	n/m	KKD	М/У
<i>Мінеральні ґрунти $g = 1, f_g = 0,4; B=28$ балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	250	1/250	1,88	4,85	750	1/250	1,54	14,4
Картопля	0,2	1500	6/250	1,77	4,34	2250	9/250	1,46	6,27
Багаторічні трави (сіно)	0,3	1250	5/250	0,89	34,9	2750	11/250	0,74	73,5
Овочеві	0,3	1250	5/250	0,85	3,0	2500	10/250	0,8	5,28
Середньо-зважене	1,0	1000	4/250	1,25	13,2	2250	9/250	1,02	27,7
<i>Торфові ґрунти $g = 2, f_g = 0,6; B=38$ балів</i>									
Озима пшениця (зерно)	0,2	250	1/250	1,89	4,83	1000	4/250	1,63	18,11
Картопля	0,2	1500	6/250	1,89	4,05	2500	4/250	1,8	5,66
Багаторічні трави (сіно)	0,3	1500	6/250	1	37,4	2750	11/250	0,79	69,2
Овочеві	0,3	1500	6/250	0,98	3,19	2500	10/250	0,81	5,21
Середньо-зважене	1,0	1250	5/250	1,35	13,9	2750	10/250	1,16	27,0

Отримані результати щодо визначення сумарного випаровування, водопотреби і технологічної ефективності зволоження осушуваних земель у змінних природно-кліматичних і меліоративних умовах Західного Полісся України свідчать про можливе збільшення водопотреби вирощуваних культур у 1,5–2,0 рази. Це визначає необхідність переоцінки функціональних можливостей і технічного стану існуючих ДС щодо необхідності переходу до проведення зволоження осушуваних землях на постійній основі.

Остаточний вибір технологій водорегулювання при обґрунтуванні типу, конструкції та параметрів системи можуть бути



визначені на основі прогнозно-оптимізаційних розрахунків з урахуванням сучасних економічних та екологічних вимог [9; 11].

Перспективи подальших досліджень полягають, насамперед, у необхідності дослідження даного питання за довготерміновим прогнозом можливих змін погодно-кліматичних умов зони Західного Полісся України на найближчу та віддалену перспективу та удосконаленні наявних технологій водорегулювання осушуваних земель.

Висновки. Таким чином, наявний рівень кліматичних змін, вплив яких вже є відчутним в аграрному виробництві, насамперед на землях з регульованим водним режимом, ставить перед нами необхідність вирішення низки завдань, головним з яких є необхідність ухвалення рішень з адаптації до змін клімату взагалі та зростання величини водопотреби при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях зокрема. Це потребує перегляду наявних вимог щодо обґрунтування режимно-технологічних та конструктивних рішень при проєктуванні та будівництві дренажних систем з урахуванням цих змін. Результати дослідження можуть бути ефективно використані при обґрунтуванні адаптивних заходів до прогнозованих змін клімату, удосконаленні технологій водорегулювання осушуваних земель та розробці проєктів реконструкції та модернізації дренажних систем в регіоні відповідно до програми «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» [13].

1. 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. Київ : Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. 46 с.
2. Rokochynskiy A., Volk P., Frolenkova N., Prykhodko N., Gerasimov Ie., Pinchuk O. Evaluation of climate changes and their accounting for developing the reclamation measures in western Ukraine. *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28 (1). P. 3–13. DOI: 10.22630/PNIKS.2019.28.1.1
3. Kovalenko P., Rokochynskiy A., Jeznach J., Koptyuk R., Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it. *Journal of Water and Land Development*. 2019. Vol. 41 (IV–VI). P. 77–82. DOI: 10.2478/jwld-2019-0030.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 1. Украинская ССР. Книга 1. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1990. 608 с.
5. Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (розділ 3. Осушувальні системи). Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проєктах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А. М. Рокочинський та ін. Київ : ВАТ «Укрводпроект», 2008. 63 с.

6. Проблеми і стратегія виконання Україною Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату / В. Я. Шевчук, І. В. Трофимова, О. М. Трофимчук та ін. Київ : УІНСіР, 2001. 96 с. **7.** НТД 33.63-074-87. Руководство по проектированию осушительных систем в Украинской ССР. К. : Укргипроводхоз, 1987. 526 с. **8.** Янголь А. М. Двустороннее регулирование влажности при осушении. М. : Колос, 1970. 135 с. **9.** Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за ред. академіка УААН Ромащенко М. І. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с. **10.** Тимчасові рекомендації з прогнозування водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова та ін. Рівне, 2011. 54 с. **11.** Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. д.с-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с. **12.** А. с. № 115481; заявл. 27.10.22. Програмний комплекс з обґрунтування проектних рішень при створенні та функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів. **13.** Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 20.08.2019).

REFERENCES:

1. Pro deiki zavrannia ahrarnoi nauky u zviyaku zi zminamy klimatu : naukova dopovid-informatsiia / M. I. Romashchenko, O. O. Sobko, D. P. Savchuk, M. I. Kulbida. Kyiv : Instytut hidrotekhniki i melioratsii UAAN, 2003. 46 s. **2.** Rokochynskiy A., Volk P., Frolenkova N., Prykhodko N., Gerasimov Ie., Pinchuk O. Evaluation of climate changes and their accounting for developing the reclamation measures in western Ukraine. *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28 (1). P. 3–13. DOI: 10.22630/PNIKS.2019.28.1.1 **3.** Kovalenko P., Rokochynskiy A., Jeznach J., Koptuyuk R., Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it. *Journal of Water and Land Development*. 2019. Vol. 41 (IV–VI). P. 77–82. DOI: 10.2478/jwld-2019-0030. **4.** Nauchno-prykladnoi spravochnyk po klymatu SSSR. Seriya 3. Mnoholetnie dannye. Chasty 1–6. Vyp. 1. Ukraynskaia SSR. Knyha 1. Lenynhrad : Hydrometyoyzdat, 1990. 608 s. **5.** Posibnyk do DBN V.2.4.-1-99 «Melioratyvni systemy ta sporudy» (rozdil 3. Osushivalni systemy). Meteorolohichne zabezpechennia inzhenerno-melioratyvnykh rozrakhunkiv u proektakh budivnytstva y rekonstruktsii osushivalnykh system / A. M. Rokochynskiy ta in. Kyiv : VAT «Ukrvodproekt», 2008. 63 s. **6.** Problemy i stratehiia vykonannia Ukrainoiu Ramkovoї Konventsii ООН pro zminu klimatu / V. Ya. Shevchuk, I. V. Trofymova, O. M. Trofymchuk ta in. Kyiv : UINSiR, 2001. 96 s. **7.** NTD 33.63-074-87. Rukovodstvo po proektyrovanyiu osushytelnykh system v Ukraynskoї SSR.

K. : Ukrhyprovodkhoz, 1987. 526 s. **8.** Yanhol A. M. Dvustoronnee rehulyrovanye vlazhnosti pry osushenyu. M. : Kolos, 1970. 135 s. **9.** Rokochynskiy A. M. Naukovi ta praktychni aspekty optymizatsii vodorehulivannia osushuvanykh zemel na ekoloho-ekonomichnykh zasadakh : monohrafiia / za red. akademika UAAN Romashchenka M. I. Rivne : NUVHP, 2010. 351 s. **10.** Tymchasovi rekomendatsii z prohnoznoi otsinky vodnoho rezhymu ta tekhnologii vodorehulivannia osushuvanykh zemel u proektakh budivnytstva y rekonstruktsii melioratyvnykh system / A. M. Rokochynskiy, V. A. Stashuk, V. D. Dupliak, N. A. Frolenkova ta in. Rivne, 2011. 54 s. **11.** Melioratsiia ta oblashtuvannia Ukrainskoho Polissia : kolektyvna monohrafiia / za red. d.s-h.n., profesora, akad. NAAN Ya. M. Hadzala, d.t.n., profesora, chlen-kor. NAAN V. A. Stashuka, d.t.n., profesora A. M. Rokochynskoho. Kherson : OLDI-PLluS, 2017. T. 1. 932 s. **12.** A. s. № 115481; zaiavl. 27.10.22. Prohramnyi kompleks z obgruntuvannia proektnykh rishen pry stvorenni ta funktsionuvanni vodohospodarsko-melioratyvnykh ob'ektiv. **13.** Stratehii zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (data zvernennia: 20.08.2019).

Kuzmych A. A., Post-graduate Student, Volk P. P., Doctor of Engineering, Professor, Rokochynskiy A. M., Doctor of Engineering, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

ASSESSMENT OF WATER DEMAND AND IRRIGATION EFFICIENCY ON DRAINED LANDS UNDER CHANGING WEATHER-CLIMATIC AND AGRO-MELIORATIVE CONDITIONS

Data base on the evaporation and water needs for agricultural crops in the different periods of their growing, depending on the climatic conditions, are the basis for the development of design and formation of operational regimes of water regulation, which has carried out by justifying the necessary methods of water regulation, types, structures and modes of operation of hydromeliorative systems and calculation of their parameters. To achieve this goal, the authors evaluated the weather and climate conditions in the Western Polissia of Ukraine and calculated the value of the evaporation in the studied conditions, planned and carried out a large-scale computer experiment, based on a complex of predictive-simulation models concerning the basic regime and technological variables of the hydromeliorative system's parameters, climate conditions, water regime, water regulation technologies and productivity of the drained

lands for the schematized natural, agricultural and ameliorative conditions. The object of the study is the drainage system "Tsirska" in the Volyn region, which is typical for the region in relation to the natural land reclamation conditions. According to the long-term forecast determined the vegetative values of the total evaporation and the formation of water needs for the drained lands in the variable climatic, agricultural land reclamation conditions. Evaluated technological efficiency of different technologies of the drained land's moistening. The obtained results can be effectively used to substantiate regime and technological decisions in projects of construction and reconstruction of hydromelioration systems of the Western Polissia of Ukraine, the need for further improvement of water regulation technologies of drained lands in changing climatic conditions, and the development of hydrotechnical adaptation measures to predicted climate changes in the region.

***Keywords:* water needs; drained lands; climate change; mineral soils; peat soils; water supply module; water regulation technologies.**