

Кирильчук А. М., к.с.-г.н., завідувач лабораторії,
ORCID: 0000-0003-3948-5810, **Грищенко О. М., к.с.-г.н., учений**
секретар, ORCID: 0000-0002-1241-7183, Венцурик А. В., виконувач
обов'язків завідувача відділу, ORCID:0000-0002-3103-433X (Державна
установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ),
Бєдункова О. О., д.б.н., професор (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ЗРОШУВАЛЬНА МЕЛІОРАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Надмірно стрімка зміна клімату через підвищення середньої температури впливає на збільшення інтенсивності посушливих умов. Нераціональне використання запасів води на постійне забруднення водних ресурсів лише погіршують ситуацію. В регіонах, які раніше на зазнавали посух, спостерігаються посушливі умови спричинені зростанням попиту на воду та збільшенням її дефіциту. Зміна режиму зволоження призведе до зміни водного стоку річок, водність найбільших річок країни може знизитись на 30%, а малих – зовсім припинитися. За запасами води, що формуються на території країни й є доступними для використання, Україна є однією з найменш забезпечених країн Європи. Основними джерелами надходження води в ґрунт є атмосферні опади, а також підґрунтові води за умови неглибокого їх залягання. Зрошення земель є одним із основних факторів інтенсифікації землеробства в районах з недостатнім та нестійким зволоженням. В умовах обмежених водних ресурсів важливим резервом поливної води є комунально-побутові та промислові стічні води. Побутові та промислові стічні води на 99% складаються з води та на 0,1% з органічних та неорганічних сполук, включаючи живильні макроелементи, такі як азот, фосфор та калій, а також живильні мікроелементи. Домішка промислових стоків може додавати токсичні з'єднання, але не в небезпечній кількості, тому беруть до уваги лише чутливість зрошуваних сільськогосподарських культур до бору. Наявність біля великих тваринницьких комплексів значних обсягів стічних вод та гнойових відходів створює серйозну екологічну проблему. Одним з ефективних шляхів її розв'язання є

використання цих стоків для зрошення, що забезпечує біологічне очищення. У стічних водах тваринницьких комплексів уміст загального азоту досягає 0,3%, фосфору – 0,08%, калію – 0,7%, проте в процесі підготовки стоків до зрошення вміст цих речовин зменшується.

Використання комунально-побутових і промислових стічних вод для зрошення виконує екологічну функцію, оскільки забезпечує доочищення стічної води у ґрунті та запобігає забрудненню доквілля, поверхневих водних об'єктів-приймачів цієї води та зменшить навантаження на ресурс природної води.

Ключові слова: зміна клімату; гідротермічний коефіцієнт; нестійке зволоження; зміна клімату; іригація; фертигація; зрошення.

Постановка проблеми. Зміна клімату вже впливає на наше життя і з кожним роком наслідки будуть тільки посилюватися. Дані наукових досліджень свідчать про переваги та збільшення інтенсивності посушливих умов в Україні. Влітку 2019 року вода найглибшого озера країни Світязь, що на Волині, відступила від берегів на десятки метрів. Навесні 2020 року, Укргідрометцентром за всю історію спостережень зафіксовано один з найнижчих рівнів води у річках України. До цього призвели дуже низький рівень опадів навесні та влітку 2019 року, безсніжна зима та відсутність дощів навесні 2020 року. За прогнозами дослідників, підвищення температури повітря навіть на 1,5°С упродовж 2020–2050 років, кожен другий сезон може бути посушливим [1; 2].

На думку науковців, зміна річних температур упродовж сторіччя призведе до змін у режимі річних опадів, підвищення температури повітря влітку та збільшення посух на півдні та сході України [3]. Нераціональне використання цінних запасів води та постійне забруднення водних ресурсів лише погіршать ситуацію. Водночас підвищення поінформованості та рівня знань про характер очікуваних змін надає можливість адаптуватися.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні двадцять років кожен рік в Україні був теплішим, ніж середні статистичні показники за довготривалий період. Підвищення температури збільшує випаровування та спричиняє перерозподіл вологи. Як наслідок, у одних регіонах випаровується надмірна кількість вологи

та посилюється посуха, в інших ця волога конденсується там частішають зливи та шторми, що викликає затоплення [2]. З 2010 року були зафіксовані певні наслідки, пов'язані зі зміною клімату, – сильні посухи, великі повені, руйнівні пожежі [4].

У порівнянні з середніми багаторічними даними (1961–1990 рр.), впродовж останніх десятиліть відбувся перерозподіл кількості опадів по регіонах України та по сезонах. Відбуваються зміни в інтенсивності та характері опадів, наприклад, коли за декілька годин може випасти половина чи місячна норма опадів, а в інший період – дощів не буде зовсім [2].

Зменшення снігового покриву та танення снігу навесні внаслідок тепліших зим сприяють зменшенню екстремальних повеней [5], проте за останні двадцять років Україна зазнала кількох руйнівних дощових паводків (у 1998, 2001 та 2008 роках) [6]. У регіонах, які раніше не зазнавали посух, спостерігаються посушливі умови спричинені зростанням попиту на воду та збільшенням її дефіциту [7].

Зростання температури та зміна режиму зволоження призведуть до зміни водного стоку річок та до водозабезпечення окремих регіонів відповідно. До кінця сторіччя водність найбільших річок країни може знизитись на 30%, а водний стік малих річок зовсім припиниться [2].

Мета і завдання дослідження. Зрошення земель є одним із основних факторів інтенсифікації землеробства в районах з недостатнім та нестійким зволоженням. Недоцільно витратити кошти на поліпшення сортів, насіння, добрива, пестициди, сільськогосподарські кадри, на розширення систем зберігання та транспортування продукції, якщо її може звести нанівець відсутність дощу в необхідний час.

Метою роботи був науковий пошук практичних дій для вирішення проблеми регулювання водозабезпечення в зонах з недостатнім та нестійким зволоженням.

Виклад основного матеріалу дослідження. Водні ресурси України складаються зі стоку річок та прісних підземних вод. Ресурси місцевого річкового стоку, тобто стоку, що формується в річковій мережі на території країни, в середній за водністю рік становлять 52,4 млрд м³, а в дуже маловодний рік 95-відсоткової забезпеченості – 29,7 млрд м³. Приплив із сусідніх територій річкового стоку в такі

роки становить відповідно 157,4 і 121,7 млрд м³, з яких 122,7 і 95,5 млрд м³ надходять Кілійським рукавом р. Дунай. Сумарні водні ресурси річкового стоку в середній за водністю рік становлять 209,8 млрд м³, а в дуже маловодний рік – 151,4 млрд м³ [8].

На території України нараховується понад 73000 річок і струмків різної довжини і близько 20000 озер.

Доступні для широкого використання водні ресурси формуються, в основному, в басейнах Дніпра, Дністра, Сіверського Дінця, Південного та Західного Бугу, а також малих річок Приазов'я та Причорномор'я.

Озера на території України займають 0,3% території країни. Великі озера розташовані у пониззях Дунаю та на узбережжі Чорного моря (Сасик, Ялпуг, Катлабуг, Кагул, Китай); у басейні Західного Бугу – Світязь, з гірських озер найбільше – Синевир. За наближеними оцінками, об'єм води у прісних озерах досягає 2,3 млрд м³ [9].

Прісні озера використовуються для місцевого водопостачання, зрошення, розведення риби, водоплавної птиці та цінних хутрових звірів, а також як акумулятори прісної води [8].

Найбільшу кількість водних ресурсів (58%) зосереджено в річках басейну Дунаю в прикордонних районах України. Найменш забезпечені водними ресурсами Донбас, Криворіжжя, Крим та інші південні регіони України, де зосереджені найбільші споживачі води.

Проблема забезпечення водними ресурсами в Україні є особливо гострою, оскільки за запасами води, що формуються на території країни й є доступними для використання, вона є однією з найменш забезпечених країн Європи. Мінімальний рівень водозабезпеченості, визначений ООН, становить 1,7 тис. м³ на рік на 1 людину. В Україні цей показник становить лише 1,0 тис. м³, у середньому по Європі водні ресурси на душу населення становлять 5,18 тис. м³ у рік [10].

За міжнародною класифікацією, лише Закарпатська область належить до середньозабезпечених місцевим стоком регіону (6,3 тис. м³ на 1 людину). Низька забезпеченість у Чернігівській, Житомирській, Волинській та Івано-Франківській областях (3,3–2,0 тис. м³), в інших областях – дуже низька й надзвичайно низька (1,98–0,12 тис. м³ на 1 людину).

Без води життя на Землі не можливе. Одна з основних функцій ґрунту – забезпечення рослин водою. Рослинам вода необхідна для

фотосинтезу, росту та розвитку. Для появи перших ознак життєдіяльності насіння необхідно збільшення вмісту води до 20–25% від його маси, а для повного набухання та проростання – 120% від його маси. Для проростання насіння кількість води для різних культур неоднакова, наприклад для проса та кукурудзи потрібно 25–35%, пшениці – 48–59%, гороху, буряків цукрових – 110–121% від маси насіння. Проте кількість води, що йде на утворення органічної речовини, невелика та складає менше 1% від кількості вологи, яку споживає рослина, тобто після сівби необхідно багато опадів і незначна кількість після сходів.

Основними джерелами надходження води в ґрунт є атмосферні опади, а також підґрунтові води за умови неглибокого їх залягання. Значно менше значення відіграє вода, що утворюється під час конденсації водяної пари, яка надходить з атмосфери та глибоких шарів ґрунту [11].

В Україні значна частина території розташована в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В 50–60-і роки минулого сторіччя було виконано великий обсяг робіт з будівництва зрошувальних систем. Завдяки цьому, на початку 90-х років, площа зрошуваних земель займала 2,6 млн га, що становило 8% площі ріллі. У цей період майже на 80% площі зрошуваних земель фактична врожайність відповідала проєктному її рівню, а виробництво продукції рослинництва становило до 30% валового її виробництва в Україні, зрошувані землі через високий рівень їх використання виконували роль страхового фонду в продовольчому забезпеченні держави, особливо в посушливі роки [10].

З 1991–1992 рр. на фоні загальної економічної кризи відбувається некероване скорочення площ зрошуваних земель з випереджаючим скороченням площ фактичного поливу відносно наявної площі зрошення. За даними інвентаризації, в Україні на 01.01.2007 р. площа зрошуваних земель становила 2,17 млн га, тобто скоротилась лише на 18%, але фактично під поливом упродовж останніх років було не більше 600–700 тис. га, тобто лише 25–30% наявної їх площі, або майже в 4 рази менше ніж у кінці 80-х на початку 90-х років ХХ ст.

В умовах обмежених водних ресурсів важливим резервом поливної води є комунально-побутові та промислові стічні води [10]. В промислово розвинених країнах помітно зросли масштаби

використання стічних вод для зрошення сільськогосподарських культур. Це відбувається в силу ряду причин:

- зростаючий брак альтернативних джерел води для зрошення, що посилюється збільшенням потреб міст у питній воді; все більше визнання особами, що планують водні ресурси, значення та цінності утилізації стічних вод;

- висока вартість штучних добрив та усвідомлення цінності, що у стічних водах містяться поживні речовини, які значно підвищують урожайність;

- накопичення досвіду, який показав, що вживання необхідних заходів обережності зводить до мінімуму ризик для здоров'я людей і шкоди для ґрунту, а також значно підвищує урожайність сільськогосподарських культур;

- висока вартість сучасних очисних споруд, які значно підвищують урожайність сільськогосподарських культур;

- прийнятність зрошення стічними водами у соціально-культурному плані.

У нормі побутові та промислові стічні води на 99% складаються з води та на 0,1% зі зважених, колоїдних та розчинених твердих частинок – органічних та неорганічних сполук, включаючи живильні макроелементи, як-от азот, фосфор та калій, а також живильні мікроелементи [12].

Домішка промислових стоків може додавати токсичні з'єднання, але не в небезпечній кількості, тому потрібно брати до уваги лише чутливість зрошуваних сільськогосподарських культур до бору.

Використання цих вод для зрошення водночас виконує екологічну функцію, оскільки забезпечує доочищення стічної води у ґрунті та запобігає забрудненню доквілля, поверхневих водних об'єктів-приймачів цієї води.

Ступінь забруднення вод каналізаційної мережі залежить від характеру виробництва, виду перероблюваної сировини та технологічного процесу. Стічні води містять велику кількість яєць гельмінтів, патогенних бактерій, мікроорганізмів, органічних сполук, шкідливих у санітарному відношенні, але водночас вони несуть і велику кількість азоту, калію, фосфору та інших поживних речовин, які можна використовувати як добрива.

За ступенем придатності для зрошення стічні води залежно від хімічного складу, ґрунтових, кліматичних і гідрогеологічних умов

ділять на групи:

господарсько-побутові з підприємств суконого й килимового виробництва і важкої промисловості: мінералізація 0,5–2 г/дм³, реакція води слабокисла або слаболужна, склад хлоридно-сульфатний або бікарбонатно-сульфатний, вміст органічних речовин БСК₅ (біологічна потреба в кислі для окислення вуглецю й водню органічних речовин стічних вод за 5 діб) не більше 200 мг/дм³, співвідношення натрію до кальцію сприятливе, не більше 1:2, відсутня сода. Використовують для зрошення сільськогосподарських культур у всіх ґрунтово-кліматичних зонах без очищення;

з підприємств харчової промисловості крохмальних, цукрових, дріжджових, консервних заводів і м'ясокомбінатів: мінералізація 2–3 г/дм³, реакція води слабокисла, склад бікарбонатно-сульфатний, співвідношення натрію й кальцію сприятливе, сода відсутня, осад 5–50 г/дм³. Використовують для зрошення сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих, сірих лісових (опідзолених), каштанових і чорноземних ґрунтах після видалення осаду й розбавлення річними водами;

з підприємств бавовняно-паперового й відбільно-фарбувального виробництва: мінералізація до 2 г/дм³, реакція води лужна, склад карбонатно-сульфатний, вміст соди 200–300 мг/дм³, незначна кількість органічних речовин. Доцільно використовувати для зрошення дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтів і осушених торфовищ після попереднього максимального видалення соди;

з підприємств хімічної й калійно-фармацевтичної промисловості, із заводів синтетичного волокна й каучуку: мінералізація 3–5 г/дм³, реакція води кисла або лужна, склад сульфатно-хлоридний. Для зрошення придатні тільки після нейтралізації, розбавлення до мінералізації 1–2 г/дм³ і зниження вмісту натрію й органічних речовин.

Промислові стічні води попередню обробку проходять всередині цехів підприємств, де з води видаляють зважені частки різних токсичних речовин, які можуть негативно вплинути на процеси очистки. Стічні води очищують на очисних станціях аерації. Розрізняють механічну й біологічну очистку [13; 14].

За механічної очистки воду пропускають через решітки, уловлювачі піску, жиру та первинні відстійники. За такої очистки видаляється до 60% нерозчинних часток, БСК₅ знижується на 20%.

Якщо перед входом у відстійник стічні води попередньо піддають аерації, то ефективність механічної очистки підвищується на 75%, а БСК₅ знижується на 40–45%. Механічно освітлені стічні води, за необхідності, піддають біологічній очистці штучними (хімічними й фізико-хімічними) та природними (через ґрунт і воду на полях фільтрації, полях зрошення та в біологічних ставках) методами [15; 16].

У табл. 1 наведено хімічний склад біологічно очищених стічних вод різних міст України.

Під час вибору ділянок під зрошення стічними водами слід враховувати, що найкращі властивості детоксикації й знешкодження шкідливих речовин та сполук мають піщані, супіщані, легко- і середньосуглинкові ґрунти. Глибина ґрунтових вод повинна бути не менше 3 м від поверхні для вільної аерації інфільтрованих вод, а водоупорна основа верхнього водоносного горизонту має надійно захищати від перетікання води у нижчі артезіанські горизонти.

Таблиця 1

Хімічний склад біологічно очищених стічних вод міст України, мг/дм³

Показник	Київ	Харків	Донецьк	Луганськ	Одеса	Маріуполь
pH	8,2	8,0	8,2	7,8	7,5	7,9
Мінералізація	698	631	977	1184	1324	1373
HCO ₃ ⁻	322	127	180	185	329	195
Cl ⁻	83	118	218	386	294	390
SO ₄ ²⁻	80	144	262	179	302	309
Ca ²⁺	64	60	100	132	94	150
Mg ²⁺	26	12	20	55	51	84
Na ⁺	80	138	142	215	193	205
K ⁺	14	17	17	11	29	11
P ₂ O ₅	4,3	1,2	6,7	4,3	6,7	2,7
N (заг.)	23	17	31	17	25	16

Просочуючись у ґрунт за поливу, стічні води очищуються від бактерій і звільняються від більшості хімічних сполук. Поля зрошення розміщують не ближче 200 м від населених пунктів, колодязів та інших джерел води. Скидання води за межі зрошуваних масивів заборонено (рис. 1).

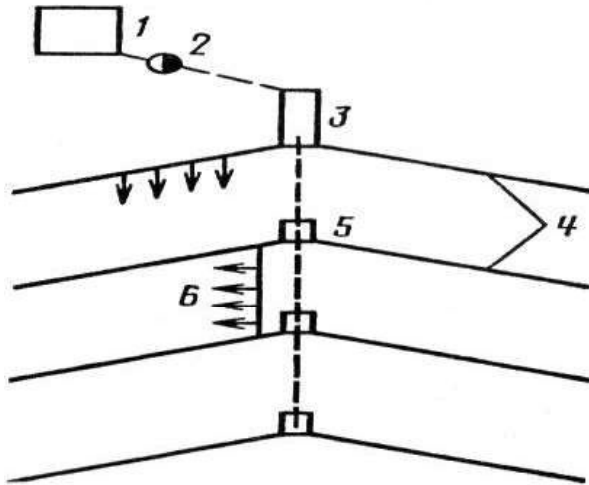


Рис. 1. Схема зрошувальної мережі за поливу стічними водами: 1 – населений пункт; 2 – насосна станція; 3 – відстійник; 4 – зрошувальний канал; 5 – колодязь-водоспускач; 6 – напрямок поливу

Зрошення стічними водами застосовують переважно для вирощування кормових та інших сільськогосподарських культур на корм, а також технічних культур. Орієнтовні зрошувальні норми за поливу стічними водами, за даними Інституту гідротехніки й меліорації, мають бути не вищими за наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Орієнтовні зрошувальні норми за поливу стічними водами

Культура	Норма, м ³ /га		Культура	Норма, м ³ /га	
	Лісостеп	Степ		Лісостеп	Степ
Пшениця озима	500–1000	700–1300	Кукурудза на силос	1800–2000	2000–2800
Люцерна	1500–3000	2800–3500	Трави однорічні	800–1000	-
Буряки кормові	1500–2000	2100–3000	Трави багаторічні	2400–3000	-

За загальною мінералізацією та можливістю використання на зрошення стічні води ділять на категорії:

1) води з мінералізацією до 1,3 г/дм³ і сприятливим співвідношенням катіонів, вмісті металів нижчому за ГДК та задовільними санітарно-гігієнічними та токсикологічними показниками. Використовується для поливу без обмеження;

2) води з мінералізацією 1,3–2,0 г/дм³, вмістом хлоридів – понад 300 мг/дм³, співвідношенням натрію до кальцію більше 2, вмістом

металів, який відповідає воді другого класу придатності, задовільних санітарно-гігієнічних та токсикологічних показниках. Вимагає поліпшення хімічного складу шляхом насичення кальцієвими солями, нейтралізації лужності й соди – може бути використана для зрошення періодично;

3) води з мінералізацією більше 2,0 г/дм³ співвідношенням натрію до кальцію вищим за 3, з високою концентрацією мікроелементів і важких металів, фенолів, нафтопродуктів та детергентів. Для тривалого зрошення непридатні, можуть використовуватись для разових поливів невеликих ділянок технічних культур з доброю дренажістною. Вимагає доочищення, розведення прісними водами, гіпсування й нейтралізації соди та лужності.

За санітарно-гігієнічними та мікробіологічними критеріями, стічна вода придатна для зрошення, якщо колі-індекс та індекс-фагів не перевищує 1000 одиниць у літрі, а загальне число мікробів від висіву 1 мм³ за температури 37° С за 24 години не перевищує 100 одиниць. Біологічно очищені стічні води не повинні нести в собі патогенних бактерій, вірусів, життєздатних яєць гельмінтів [17; 18].

Наявність біля великих тваринницьких комплексів значних обсягів стічних вод та гнойових відходів створює серйозну екологічну проблему. Одним з ефективних шляхів її розв'язання є використання цих стоків для зрошення, що забезпечує біологічне очищення [14].

У практиці за використання для зрошення стічних вод тваринницьких комплексів найбільш широко застосовується наступна схема (рис. 2).

Освітлені стоки з відстійників-гноєнакопичувачів поступають у земляні водойми-резервуари, а звідти у відкриту або закриту зрошувальну мережу. За поливу дощуванням стоки тваринницьких комплексів розбавляють чистою водою в зимових умовах 1:1, для літніх – 1:3 або 1:4.

У стічних водах тваринницьких комплексів уміст загального азоту досягає 0,3%, фосфору – 0,08, калію – 0,7%, проте в процесі підготовки стоків до зрошення вміст цих речовин зменшується. Хімічний склад відходів тваринницьких комплексів наведено в табл. 3.

Стічні води придатні для зрошення за активної реакції рН 6,0–8,5. При цьому на дерново-підзолистих ґрунтах рН стоків

допускається в межах 6,5–8,5, на чорноземних – 6,0–8,0, на каштанових – 6,0–7,5.

Мінералізація стічних вод не повинна перевищувати 1,5 г/дм³ для чорноземних і каштанових ґрунтів; 2 г/дм³ – для дерново-підзолистих. Уміст загального азоту в поливній вод для лісостепової зони має бути меншим 120 мг/дм³, для степової – 100 мг/дм³. Концентрація гідрокарбонатів не може перевищувати 500–700 мг/дм³, хлоридів – 300, сульфатів – 250 мг/дм³.

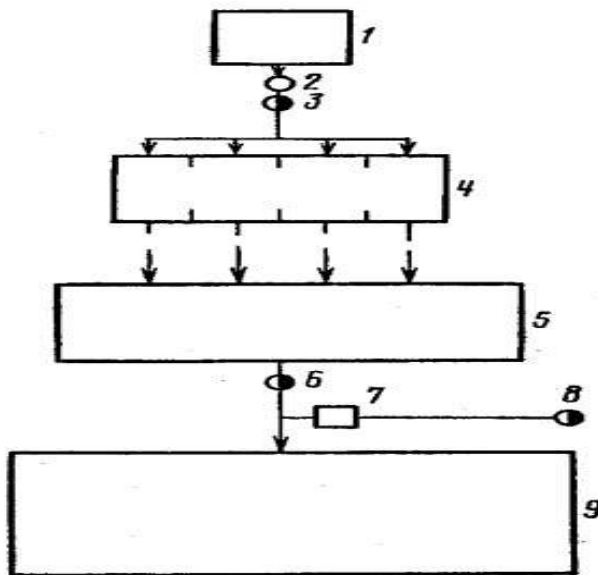


Рис. 2. Схема зрошення тваринницькими стоками: 1 – ферма; 2 – рідка гноївка; 3, 6, 7 – насосні станції подачі неосвітлених (3), освітлених стоків (6), чистої води (7); 4 – відстійник-накопичувач; 5 – резервуар освітлених стоків; 8 – змішувач стоків і чистої води; 9 – поля зрошення

Таблиця 3
Хімічний склад відходів тваринницьких комплексів, мг/дм³

Показник	Рідкий гній		Механічно очищені стоки		Біологічно очищені стоки свиней
	ВРХ	свині	ВРХ	свині	
рН, одиниць	6,9–7,2	6,5–8,2	8,4–8,6	6,7–7,2	7,8–8,2
Мінерал. залишок	2200–4260	2540–3500	1250–4350	1660–3610	1310–2200
Сума солей	2440–7560	2120–5560	1680–4840	3010–5720	1470–2580
N заг.	930–1500	910–1200	320–980	225–625	65–560
NO ₃ ⁻	0–95	0–80	2–4,5	сліди	сліди–2,8

продовження табл. 3

NH ₄ ⁺	720–1100	640–900	320–830	220–580	55–310
HCO ₃ ⁻	480–4420	2800–4210	600–2410	2257–3240	820–1895
Cl ⁻	110–640	55–625	50–620	210–415	230–375
SO ₄ ²⁻	115–440	90–410	45–115	70–360	66–334
Ca ²⁺	330–620	240–550	50–430	60–250	70–220
Mg ²⁺	65–420	60–220	35–215	80–130	60–120
Na ⁺	100–450	140–600	70–520	100–450	180–380
K ⁺	300–730	170–1200	145–620	80–370	50–300
P ₂ O ₅	200–600	60–400	120–330	28–190	25–150

Санітарно-гігієнічні та мікробіологічні критерії для стічних вод тваринницьких комплексів такі ж, як і для стічних вод [14].

Вибір способу проведення зрошення залежить від комплексу природних умов – клімату, ґрунтів, рельєфу тощо. Територія Полісся, Лісостепу і Степу України характеризується складними кліматичними умовами. Клімат змінюється від достатньо зволоженого в Поліссі і західному Лісостепу до жаркого і посушливого в південному Степу. Упродовж теплого періоду року опади в Україні випадають нерівномірно. В Лісостепу і Степу щорічно (в дев'яти роках з десяти) бувають періоди без дощу – 21–30 днів. На північному заході цих зон через кожні два роки періоди без дощу становлять 25–30, а в приморській смузі південного Степу – до 40–45 днів [11].

Норми зрошення стічними водами розраховуються так само, як і норми зрошення свіжою водою, при цьому потрібно належним чином враховувати сумарне випаровування (евапотранспірацію), вилуговування ґрунту, а також необхідність боротьби з її засоленням та накопиченням у ній надмірних кількостей натрію.

При виділенні зон різного зволоження О. М. Костяков запропонував користуватись коефіцієнтом водного балансу. Частини території розділені на три зони: надлишкового зволоження – $K > 1$; нестійкого зволоження – $K = 1$ і недостатнього зволоження $K < 1$.

Для виділення кліматичних і сільськогосподарських зон Г. Т. Селянінов запропонував використовувати гідротермічний коефіцієнт (ГТК). Якщо $ГТК > 1,5$, необхідно широко застосовувати дренаж для усунення надлишків вологи; $ГТК = 1,0–1,5$ – меліорації не потрібно проводити; $ГТК = 0,8–1,0$ – накопичення ґрунтової вологи можна здійснювати агротехнічними прийомами; $ГТК < 0,8$ – землеробство можливе лише на основі зрошення.

В основу характеристики території, залежно від зволоження, Д. І. Шашко поклав співвідношення опадів і сумарного дефіциту вологості повітря. Залежно від значень показника зволоження розрізняють такі зони забезпеченості рослин вологою: $K > 0,6$ – надлишкова; $K = 0,45 - 0,6$ – волога; $K = 0,25 - 0,45$ – слабопосушлива; $K = 0,15 - 0,25$ – посушлива; $K < 0,15$ – суха [10].

Водний режим ґрунту і використання води рослинами регулюють комплексом заходів: обробітком ґрунту, зрошенням або осушенням, чергуванням культур і парів, снігозатриманням, застосуванням органічних і мінеральних добрив, полезахисними лісонасадженнями, захистом земель від ерозії, боротьбою з бур'янами, вирощуванням посухостійких сортів, хімічною меліорацією ґрунтів.

Якість урожаю на зрошуваних землях залежить від правильно підібраних режимів поливу, добрив, сорту. За правильного ведення зрошуваного землеробства (дозовані поливи, які не викликають ерозію, систематичний після- та передзрошувальний обробіток ґрунту, введення сівозмін з великим клином багаторічних трав) негативні явища можуть бути зведені до мінімуму.

Висновки. Кліматичні зміни збільшують частоту повеней та посух, що робить вразливим сільське господарство. Врахування впливу зміни клімату на сільське господарство та продовольчу безпеку вимагає проведення адаптаційних дій на різних рівнях. Дефіцит води вимагає ефективного управління водними ресурсами. В умовах обмежених водних ресурсів важливим резервом поливної води є комунально-побутові та промислові стічні води.

Залучання таких технологій, як використання стічних вод для зрошення сільськогосподарських земель зменшить навантаження на ресурс природної води, виконає екологічну функцію, оскільки забезпечить доочищення цих вод від шкідливих речовин забруднюючих довкілля.

1. Нестача води – головний ризик від зміни клімату для України. URL: https://ecoaction.org.ua/nestacha-vody-ryzyk-ukrainy.html?gclid=Cj0KCQiA99ybBhD9ARIsALvZavXhFSJ4zqсE D-RP4qn3T6a-ju3s6uKkAfrf7Prm5Qfb0JNtEi4BMAAjlBEALw_wcB. (дата звернення: 10.10.2022). **2.** Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html>. (дата звернення: 10.10.2022). **3.** Зміна клімату та Україна. Дослідження.

06.01.2022. URL: <https://uabio.org/news/uabio-news/12094/>. (дата звернення: 10.10.2022). **4.** World Bank. Climate Change Knowledge Portal: Ukraine. 2021. URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/ukraine>. (дата звернення: 10.10.2022). **5.** Changing climate both increases and decreases European river floods / Blöschl G. et al. *Nature*. 2019. 573. P. 108–111. **6.** Kovalets I. V., Kivva S. L., Udovenko O. I. Usage of the WRF/DHSVM model chain for simulation of extreme floods in mountainous areas: a pilot study for the Uzh River Basin in the Ukrainian Carpathians. *Nat. Hazards*. 2015. 75, 2049–2063. **7.** Climate Change and Security in Eastern Europe: Republic of Belarus, Republic of Moldova, Ukraine. Regional Assessment / Nikolayeva L. et al. 2016. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/8/1/355496.pdf>. (дата звернення: 10.10.2022). **8.** Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2014 році. 2014. URL: <https://men.gov.ua/files/docs/86.pdf>. (дата звернення: 10.10.2022). **9.** Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / Томільцева А. І. та ін. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с. **10.** Лозовіцький П. С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів : навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 273 с. **11.** Конспекти лекцій з навчальної дисципліни «Меліорація земель». URL: <http://lib.udau.edu.ua/jspui/bitstream> (дата звернення: 10.10.2022). **12.** Гиль Л. С. Фертигация – орошение с использованием растворимых удобрений в системах капельного полива. Киев : Этнос, 2005. 93 с. **13.** ДСТУ 7369:2013. Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрювання. [Чинний від 01.01.2014]. Київ, 2014. 10 с. **14.** ВНД 33-5.5-02-97. Якість води для зрошення. Екологічні критерії. [Чинний від 01.04.1998]. Харків, 1998. 15 с. **15.** ДСТУ 7591:2014. Зрошення. Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії. [Чинний від 01.07.2015]. Київ, 2015. 19 с. **16.** ДСТУ 7937:2015. Зрошення. Внесення добрив з поливною водою в системах мікрозрошення. Загальні вимоги. [Чинний від 01.09.2016]. Київ, 2016. 11 с. **17.** ДСТУ 2730:2015. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2016. 10 с. **18.** ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії. [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2013. 17 с.

REFERENCES:

1. Nestacha vody – holovnyi ryzyk vid zminy klimatu dlia Ukrainy. URL: https://ecoaction.org.ua/nestacha-vody-ryzyk-ukrainy.html?gclid=Cj0KCQiA99ybBhD9ARIsALvZavXhFSJ4zqcE D-RP4qn3T6aju3s6uKkAfrf7Prm5Qfb0JNtEi4BMAAjIBEALw_wcB. (data zvernennia: 116

10.10.2022). **2.** Zmina klimatu v Ukraini ta sviti: prychny, naslidky ta rishennia dlia protydii. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html>. (data zvernennia: 10.10.2022). **3.** Zmina klimatu ta Ukraina. Doslidzhennia. 06.01.2022. URL: <https://uabio.org/news/uabio-news/12094/>. (data zvernennia: 10.10.2022). **4.** World Bank. Climate Change Knowledge Portal: Ukraine. 2021. URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/ukraine>. (data zvernennia: 10.10.2022). **5.** Changing climate both increases and decreases European river floods / Blöschl G. et al. *Nature*. 2019. 573. R. 108–111. **6.** Kovalets I. V., Kivva S. L., Udovenko O. I. Usage of the WRF/DHSVM model chain for simulation of extreme floods in mountainous areas: a pilot study for the Uzh River Basin in the Ukrainian Carpathians. *Nat. Hazards*. 2015. 75, 2049–2063. **7.** Climate Change and Security in Eastern Europe: Republic of Belarus, Republic of Moldova, Ukraine. Regional Assessment / Nikolayeva L. et al. 2016. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/8/1/355496.pdf>. (data zvernennia: 10.10.2022). **8.** Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Ukrainy u 2014 rotsi. 2014. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/86.pdf>. (data zvernennia: 10.10.2022). **9.** Ekolohichni osnovy upravlinnia vodnymy resursamy : navch. posib. / Tomiltseva A. I. ta in. Kyiv : Instytut ekolohichnoho upravlinnia ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannia, 2017. 200 s. **10.** Lozovitskyi P. S. Vodni ta khimichni melioratsii gruntiv : navch. posib. Kyiv : Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Kyivskiy universytet», 2010. 273 s. **11.** Konspekty leksii z navchalnoi dystsypliny «Melioratsiia zemel». URL: <http://lib.udau.edu.ua/jspui/bitstream> (data zvernennia: 10.10.2022). **12.** Gil L. S. Fertigatsiya – oroshenie s ispolzovaniem rastvorimyh udobreniy v sistemah kapelnogo poliva. Kiev : Etnos, 2005. 93 s. **13.** DSTU 7369:2013. Stichni vody. Vymohy do stichnykh vod i yikhnikh osadiv dlia zroshuvannia ta udobriuvannia. [Chynnyi vid 01.01.2014]. Kyiv, 2014. 10 s. **14.** VND 33-5.5-02-97. Yakist vody dlia zroshennia. Ekolohichni kryterii. [Chynnyi vid 01.04.1998]. Kharkiv, 1998. 15 s. **15.** DSTU 7591:2014. Zroshennia. Yakist vody dlia system kraplynnoho zroshennia. Ahronomichni, ekolohichni ta tekhnichni kryterii. [Chynnyi vid 01.07.2015]. Kyiv, 2015. 19 s. **16.** DSTU 7937:2015. Zroshennia. Vnesennia dobryv z polyvnoiu vodoiu v systemakh mikrozhroshennia. Zahalni vymohy. [Chynnyi vid 01.09.2016]. Kyiv, 2016. 11 s. **17.** DSTU 2730:2015. Yakist pryrodnoi vody dlia zroshennia. Ahronomichni kryterii. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Kyiv, 2016. 10 s. **18.** DSTU 7286:2012. Yakist pryrodnoi vody dlia zroshennia. Ekolohichni kryterii. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Kyiv, 2013. 17 s.

Kyrylchuk A. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Head of the Laboratory, Hryshchenko O. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Scientific Secretary, Ventsuryk A. V., Acting Head of the Department, (State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Kyiv), Biedunkova O. O., Doctor of Biological Sciences, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

IRRIGATION LAND AMELIORATION UNDER THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Excessively rapid climate change due to an increase in average temperature has the effect of increasing the intensity of dry conditions. Irrational use of water reserves for permanent pollution of water resources only worsens the situation. In regions that previously experienced droughts, drought conditions are observed due to the increase in demand for water and an increase in its scarcity.

A change in the regime of moistening will lead to a change in the water flow of rivers, the water content of the country's largest rivers may decrease by 30%, and the water content of small rivers may stop altogether. In terms of water reserves that are formed on the territory of the country and are available for use, Ukraine is one of the least well-off countries in Europe. The main sources of water entering the soil are atmospheric precipitation, as well as groundwater, provided that it is shallow. Land irrigation is one of the main factors of agricultural intensification in areas with insufficient and unstable irrigation.

In conditions of limited water resources, an important reserve of irrigation water is municipal and industrial wastewater. Domestic and industrial wastewater is 99% water and 0.1% organic and inorganic compounds, including macronutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium, as well as micronutrients. The admixture of industrial effluents may add toxic compounds, but not in dangerous amounts, so only the sensitivity of irrigated crops to boron is taken into account. The presence of large amounts of wastewater and manure waste near large livestock complexes creates a serious environmental problem. One of the effective ways to solve it is to use these effluents for irrigation, which provides biological purification. In wastewater from animal husbandry complexes, the content of total nitrogen reaches

0.3%, phosphorus – 0.08%, potassium – 0.7%, but in the process of preparing the effluents for irrigation, the content of these substances decreases.

The use of municipal and industrial wastewater for irrigation performs an ecological function, as it provides additional purification of wastewater in the soil and prevents environmental pollution; surface water bodies – receivers of this water and will reduce the load on the natural water resource.

***Keywords:* climate change; hydrothermal coefficient; unstable moisture; climate change; irrigation; fertigation; irrigation.**