

АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ ІРИГАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОД КУЧУРГАНСЬКОГО І БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩ

КАРАУЛОВ В.Д. – аспірант
orcid.org/0000-0002-0151-3196
Одеський державний екологічний університет
ЮРАСОВ С.М. – кандидат технічних наук, доцент
orcid.org/0000-0003-4312-249X
Одеський державний екологічний університет

Постановка проблеми. Проблема іригації сільгоспу-гідь півдня України у тому числі Одеської області була і залишається дуже актуальною. Головою Одеської ОДА був підписаний меморандум з Державним агентством водних ресурсів України про реконструкцію частини радянських мереж «Нижньодністровської» зрошувальної системи [1]. Ця система охоплює 25–30 тис. га земель, проте, це лише невелика частина угідь Одещини, для яких необхідне зрошення. Тому пошук нових джерел поливних вод, аналіз іригаційних властивостей існуючих водних об'єктів і вдосконалення методик оцінки якості іригаційних вод є актуальним завданням.

Обмеженість водних ресурсів іригаційної якості змушує утворювати штучні водойми для накопичення вод з метою їх подальшого використання для поливу. Джерелами підживлення водосховищ на півдні Одеської області як правило є Дунай і Дністер, води яких відповідають іригаційним кондиціям [2, 3]. Проте, змішання дунайських чи дністровських вод із водами природних джерел живлення водоймищ часто не призводять до очікуваного ефекту.

Прикладом може служити водосховище Сасик, води якого після змішування з водами Дунаю придатні для зрошення лише легких, добре проникних та дренажних ґрунтів [4]. Дунайські ж води за мінералізацією і за співвідношенням головних іонів можна рахувати еталоном іригаційних вод півдня України. Вони підходять для поливу усіх типів ґрунтів протягом усього теплого періоду року [3].

Кучурганське і Барабойське водосховища як і Сасик мають природні і штучні джерела живлення. Для них природними джерелами є річки з відповідною назвою, а штучне підживлення відбувається за рахунок вод р. Дністер. Мінералізація дністровських вод більша ніж дунайських приблизно в 1,4 рази. В цих водах більший вміст токсичних іонів, вони сприяють утворенню в ґрунті більшої кількості токсичних солей. Актуальним є питання: які властивості мають води розглядуваних водосховищ, і як ці властивості змінюються протягом теплого періоду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження останніх років [5–9] були спрямовані на визначення і аналіз гідрохімічних та гідробіологічних характеристик Кучурганського і Барабойського водосховищ, іригаційні властивості їх вод не розглядалися.

Мета статті. Метою роботи є оцінка іригаційних властивостей вод Кучурганського і Барабойського

водосховищ та їх мінливості протягом теплого періоду року за даними гідрохімічних спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів 2010–2020 рр.

Об'єкт дослідження – якість вод Кучурганського і Барабойського водосховищ.

Предмет дослідження – оцінка мінливості іригаційних властивостей вод Кучурганського і Барабойського водосховищ.

Матеріали і методика досліджень. Аналіз іригаційних властивостей вод виконано за концентрацією солей та за співвідношенням іонів. Такі критерії як концентрація токсичних елементів, які можуть негативно вплинути на сільськогосподарські рослини і в цілому на навколишнє середовище, та концентрація біогенів не розглядалися.

Оцінка іригаційних властивостей в роботі виконана за методиками: Костякова А. Н. [10, 11]; ДСТУ 2730:2015; Бездніної С. Я. [12]; Антипова-Каратаєва І. М. і Кадера Г. М. [13; 14.]; Стеблера [15]; Буданова М. Ф.; Можейко А. М. і Ворітника Т. К.; Саболча І. і Дораба К. [14, 16]; Келлі і Лібіха.

В роботі [4] дається опис перелічених методик оцінки іригаційних властивостей вод.

Авторами статті запропоновано детальна типізація іригаційних вод на основі типізації природних вод Альокіна О. А. і вдосконалення методики ДСТУ 2730:2015, виходячи з наступних міркувань.

1) Костяков А. Н. [11] вказує, що для іригаційних вод з мінералізацією 1,5–3,0 мг/дм³ необхідний аналіз хімічного складу солей.

2) Альокін О. А. вважає, що можна отримати уявлення про склад солей у воді, якщо умовно допустити, що при випаровуванні води солі будуть випадати при комбінації іонів в наступній послідовності: катіони – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} ; аніони – HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} [15].

Послідовність комбінування іонів у Довідковому керівництві гідрогеолога [17] зворотна: аніони – Cl^{-} ; SO_4^{2-} ; $(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$; катіони – $(K^{+}+Na^{+})$; Mg^{2+} ; Ca^{2+} . Але, склад солей буде однаковим як за прямою послідовністю, так і за зворотною.

3) Типи природних вод I, II і III за Альокіним О. А. [15] можна розділити на підтипи [4], що мають різні набори гіпотетичних солей, в такому порядку (рис. 1): I, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IIIв.

Води типу IV [15] не розглядаються оскільки до нього належать кислі болотні, шахтні і вулканічні води, а також води, сильно забруднені промисловими стоками, які не придатні для зрошення.

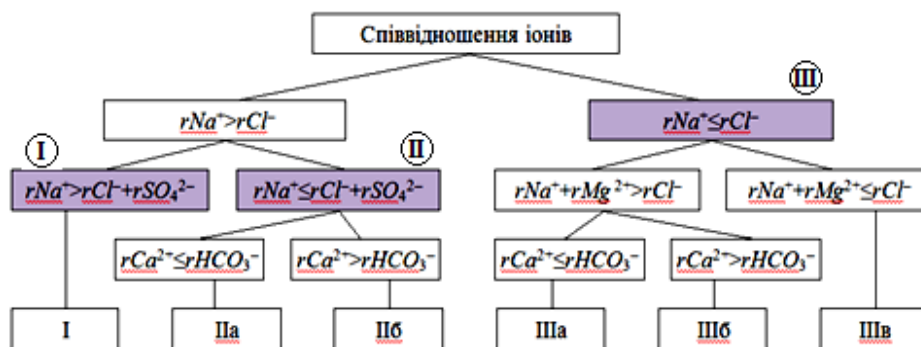


Рис. 1. Схема детальної типізації іригаційних вод [4]

Таблиця 1

Склад гіпотетичних солей в воді при різному співвідношенні головних іонів (за авторами статті)

1) Концентрація солей, токсичних для рослин, мг/дм³: $NaCl = 58,4 \times rCl$;
 $Na_2SO_4 = 71,0 \times rSO_4^{2-}$; $NaHCO_3 = 84,0 \times (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$.

Іон	rNa^+	rMg^{2+}	rCa^{2+}	Підтип (I)
rCl^-	rCl^-	0	0	$rCl^- + rSO_4^{2-} < rNa^+$ або $rHCO_3^- > rCa^{2+} + rMg^{2+}$
rSO_4^{2-}	rSO_4^{2-}	0	0	
$rHCO_3^-$	$rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+}$	rMg^{2+}	rCa^{2+}	

2) —“—: $NaCl = 58,4 \times rCl$; $Na_2SO_4 = 71,0 \times (rNa^+ - rCl)$; $MgSO_4 = 60,2 \times (rCl + rSO_4^{2-} - rNa^+)$.

Іон	rNa^+	rMg^{2+}	rCa^{2+}	Підтип (IIa)
rCl^-	rCl^-	0	0	$rCl^- < rNa^+$ $rCl^- + rSO_4^{2-} \geq rNa^+$ $rHCO_3^- \geq rCa^{2+}$
rSO_4^{2-}	$rNa^+ - rCl^-$	$rCl^- + rSO_4^{2-} - rNa^+$	0	
$rHCO_3^-$	0	$rHCO_3^- - rCa^{2+}$	rCa^{2+}	

3) —“—: $NaCl = 58,4 \times rCl$; $Na_2SO_4 = 71,0 \times (rNa^+ - rCl)$; $MgSO_4 = 60,2 \times rMg^{2+}$.

Іон	rNa^+	rMg^{2+}	rCa^{2+}	Підтип (IIб)
rCl^-	rCl^-	0	0	$rCl^- < rNa^+$ $rCl^- + rSO_4^{2-} \geq rNa^+$ $rHCO_3^- < rCa^{2+}$
rSO_4^{2-}	$rNa^+ - rCl^-$	rMg^{2+}	$rCa^{2+} - rHCO_3^-$	
$rHCO_3^-$	0	0	$rHCO_3^-$	

4) —“—: $NaCl = 58,4 \times rNa^+$; $MgCl_2 = 47,6 \times (rCl^- - rNa^+)$; $MgSO_4 = 60,2 \times rSO_4^{2-}$.

Іон	rNa^+	rMg^{2+}	rCa^{2+}	Підтип (IIIa)
rCl^-	rNa^+	$rCl^- - rNa^+$	0	$rCl^- \geq rNa^+$ $rCl^- < rNa^+ + rMg^{2+}$ $rHCO_3^- \geq rCa^{2+}$
rSO_4^{2-}	0	rSO_4^{2-}	0	
$rHCO_3^-$	0	$rHCO_3^- - rCa^{2+}$	rCa^{2+}	

5) —“—: $NaCl = 58,4 \times rNa^+$; $MgCl_2 = 47,6 \times (rCl^- - rNa^+)$; $MgSO_4 = 60,2 \times (rNa^+ + rMg^{2+} - rCl^-)$.

Іон	rNa^+	rMg^{2+}	rCa^{2+}	Підтип (IIIб)
rCl^-	rNa^+	$rCl^- - rNa^+$	0	$rCl^- \geq rNa^+$ $rCl^- < rNa^+ + rMg^{2+}$ $rHCO_3^- < rCa^{2+}$
rSO_4^{2-}	0	$rNa^+ + rMg^{2+} - rCl^-$	$rCa^{2+} - rHCO_3^-$	
$rHCO_3^-$	0	0	$rHCO_3^-$	

6) —“—: $NaCl = 58,4 \times rNa^+$; $MgCl_2 = 47,6 \times rMg^{2+}$; $CaCl_2 = 55,5 \times (rCl^- - rNa^+ - rMg^{2+})$.

Іон	rNa^+	rMg^{2+}	rCa^{2+}	Підтип (IIIв)
rCl^-	rNa^+	rMg^{2+}	$rCl^- - rNa^+ - rMg^{2+}$	$rCl^- \geq rNa^+ + rMg^{2+}$ або $rHCO_3^- + rSO_4^{2-} < rCa^{2+}$
rSO_4^{2-}	0	0	rSO_4^{2-}	
$rHCO_3^-$	0	0	$rHCO_3^-$	

За взаємним врівноваженням головних іонів у послідовності, викладеній вище, для підтипів вод можна скласти набори гіпотетичних солей, тобто оцінити кількість токсичних головних іонів у воді (табл. 1):

- I – NaCl , Na_2SO_4 , NaHCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- IIa – NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- IIб – NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- IIIa – NaCl , MgCl_2 , MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- IIIб – NaCl , MgCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- IIIв – NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

В табл. 1: сірим виділено область токсичних солей (іонів); в осередку на перетині стовпця і рядка стоїть кількість (мг-екв./дм³) іонів у воді, що входять до складу гіпотетичної солі (які врівноважують один одного та складають гіпотетичну сіль); приведені формули перерахунку концентрації гіпотетичних солей з еквівалентної форми в вагову.

Для перерахунку концентрації іонів з еквівалентної форми (мг-екв/дм³) в вагову (мг/дм³) необхідно їх еквівалентну концентрацію помножити на відповідні коефіцієнти, які мають наступні значення: CO_3^{2-} – 30,00; HCO_3^- – 61,02; SO_4^{2-} – 48,03; Cl^- – 35,45; Ca^{2+} – 20,04; Mg^{2+} – 12,15; Na^+ – 22,99; K^+ – 39,10.

Розрахунок концентрації солі за табл. 2 розглянемо на прикладі вод підтипу I (табл. 1(1)). Питна сода NaHCO_3 гіпотетично присутня в воді за рахунок взаємного врівноваження частини іонів Na^+ і частини іонів HCO_3^- . В еквівалентах ці частини дорівнюють $(r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+} - r\text{Mg}^{2+})$. Вагова концентрація згаданої частини іонів натрію дорівнює $22,99 \cdot (r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+} - r\text{Mg}^{2+})$, а частина гідрокарбонат-іонів – $61,02 \cdot (r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+} - r\text{Mg}^{2+})$, звідси концентрація питної соди NaHCO_3 складає $84,0 \cdot (r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+} - r\text{Mg}^{2+})$.

Посохов О. В., розглядаючи типізацію природних вод Альокіна О. А., запропонував розділити води типу III на два підтипи: IIIa ($r\text{Na}^+ + r\text{Mg}^{2+} > r\text{Cl}^-$) і IIIб ($r\text{Na}^+ + r\text{Mg}^{2+} < r\text{Cl}^-$) [15]. Альокін О. А. зазначає, що підтип IIIб характерний для сильно мінералізованих вод лагунного походження.

Підтип IIIб по Посохову О. В. відповідає підтипу IIIв в запропонованій детальної типізації. Природні води цього підтипу можна виключити зі списку придатних для іригації вод. Але, при штучному підживленні водойми іноді можуть утворюватись води придатні для зрошення з співвідношенням іонів за підтипом IIIв. Наприклад, у водосховищі Сасик води цього підтипу спостерігалися з ймовірністю 5 % і мали найменшу мінералізацію з усього ряду спостережень (менш 1 г/дм³) [4].

В ДСТУ 2730:2015 небезпека іригаційного засолення ґрунту оцінюється за сумою токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів $e(r\text{Cl}^-)$. Цю суму обчислюють за формулою:

$$e(r\text{Cl}^-) = r\text{Cl}^- + 0,2(r\text{SO}_4^{2-})_T + 0,4(r\text{HCO}_3^-)_T + 5r\text{CO}_3^{2-}, \quad (1)$$

де $r\text{Cl}^-$ – кількість хлоридів, мг-екв/дм³; $(r\text{SO}_4^{2-})_T$ – кількість токсичних сульфатів, мг-екв/дм³; $(r\text{HCO}_3^-)_T$ – кількість токсичних гідрокарбонатів, мг-екв/дм³; $r\text{CO}_3^{2-}$ – кількість токсичних карбонатів, мг-екв/дм³.

Приймаючи до уваги набори гіпотетичних солей для різних підтипів вод формули розрахунку суми токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів можна записати у наступному вигляді (пропозиція авторів статті):

- I – $e(r\text{Cl}^-) = r\text{Cl}^- + 0,2(r\text{SO}_4^{2-}) + 0,4(r\text{Mg}^{2+}) + (r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+} - r\text{Mg}^{2+}) + 5r\text{CO}_3^{2-}$;
- IIa, IIIa – $e(r\text{Cl}^-) = r\text{Cl}^- + 0,2(r\text{SO}_4^{2-}) + 0,4(r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+}) + 5r\text{CO}_3^{2-}$;
- IIб, IIIб – $e(r\text{Cl}^-) = r\text{Cl}^- + 0,2(r\text{SO}_4^{2-} + r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+}) + 5r\text{CO}_3^{2-}$;
- IIIв – $e(r\text{Cl}^-) = r\text{Cl}^- + 5r\text{CO}_3^{2-}$.

Прокоментуємо першу з цих формул. Іони $r\text{Cl}^-$ і $r\text{CO}_3^{2-}$ токсичні завжди (в [14] і ДСТУ 2730:2015 іони $r\text{Mg}^{2+}$ теж вважаються завжди токсичними). Для вод підтипу I усі сульфат-іони токсичні, вони повністю врівноважені частиною іонів натрію (табл. 1(1)). Частина гідрокарбонат-іонів, що врівноважена усіма іонами магнію, в еквівалентах дорівнює їх кількості. Ще одна частина гідрокарбонат-іонів, що врівноважена частиною іонів натрію, дорівнює $(r\text{HCO}_3^- - r\text{Ca}^{2+} - r\text{Mg}^{2+})$ і має таку ж токсичність, як і $r\text{Cl}^-$.

При наявності аніонів CO_3^{2-} , визначення необхідної розрахункової формули $e(r\text{Cl}^-)$ потрібно виконувати по зменшеній кількості катіонів натрію з калієм – $(r\text{Na}^+ + r\text{K}^+ - r\text{CO}_3^{2-})$.

Результати досліджень. Для оцінки якості вод Кучурганського і Барабойського водосховищ використані результати спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів за період 2010–2020 рр.

Кучурганське водосховище (с. Градениці). Мінералізація вод (рис. 2) в теплий період (ТП) в середньому складає 1,7 г/дм³ при діапазоні від 0,85 до 3,4 г/дм³. З ймовірністю 90% протягом ТП мінералізація вод знаходиться в діапазоні 1–3 г/дм³.

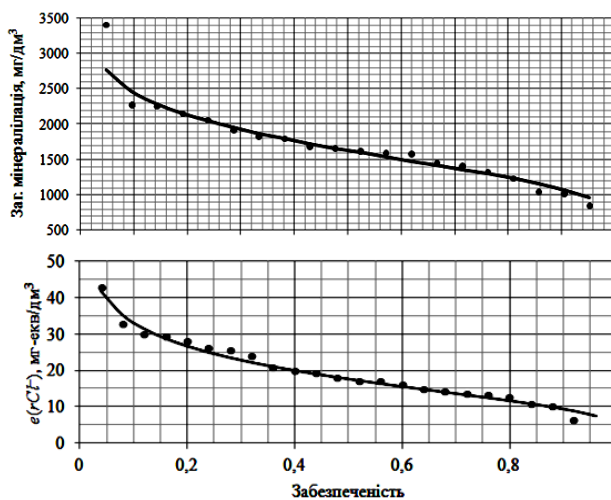


Рис. 2. Статистичний розподіл мінералізації і показника $e(r\text{Cl}^-)$ вод Кучурганського водосховища: маркер коло – емпіричний розподіл; суцільна лінія – логнормальний закон

За класифікацією Костякова А. М. води з мінералізацією цього діапазону відносяться до вод з «підвищеною небезпечністю» засолення (категорія 3). Для них за рекомендацією Костякова А. М. [10] необхідний аналіз сольового складу. Такі води непридатні для зрошення усіх типів ґрунтів (у звичайних умовах). Полив можливий тільки при добрій проникності ґрунтів і наявності дренажу.

За класифікацією Альокіна О. А. [15] води відносяться до сульфатного класу, групи натрію протягом 85–90 % ТП.

В середньому води відносяться до підтипу IIб, але умови формування їх якості такі, що протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: IIa (5 %), IIб (80 %) і IIIб (15 %).

Діапазон значень показника $e(rCf)$ для вод Кучурган (рис. 2) дорівнює 5,4–43 мг-екв/дм³, при середньому значенні – 20 мг-екв/дм³.

Відповідно ДСТУ 2730:2015 води Кучурганського водосховища відносяться до класу не нижче II (обмежено придатна, використовують за умови обов'язкового застосування комплексу заходів щодо запобігання деградації ґрунтів) для піщаних і легкосуглинкових ґрунтів з ймовірністю 85–90 %, для середньо суглинкових і важкосуглинкових ґрунтів – 75–80 %.

За класифікацією Бездніної С.Я. води водосховища відносяться до категорії III(1-5). Такі води можуть використовуватися для поливу після їх розбавлення водою з малою мінералізацією.

Небезпека осолонцювання:

за методикою Стеблера Х. – протягом 45 % ТП води незадовільні, обмежено придатні для зрошення солестійких культур, протягом 55 % ТП – «задовільні», придатні для зрошення більшості культур в залежності від ґрунтово-кліматичних умов;

за Антиповим-Каратаєвим І. Н. і Кадером Г. М. – води «придатні» для поливу 85 % ТП, і тільки 15 % ТП вони «непридатні» для поливу;

за Будановим А. М. – води «непридатні» для поливу 95 % ТП;

за Можейко А. М. і Воротником Т. К. – води «сприятливі» для поливу 85 % ТП, «несприятливі» 5 % ТП і «дуже несприятливі» 10 % ТП;

кількість магнію у воді Кучурганського водосховища за Сабольчем І. і Дарабом К. шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 75 % ТП; за Келлі і Лібіхом – 70 % ТП.

Барабойське водосховище. В теплий період (ТП) загальна мінералізація вод (рис. 3) в середньому складає 0,51 г/дм³ при діапазоні 0,33–0,90 г/дм³.

За класифікацією Альюкіна О.А. [18] води відносяться до сульфатного класу протягом 71 % ТП і до карбонатного – 29 % ТП, групи магнію (47 % ТП) або кальцію (47 % ТП).

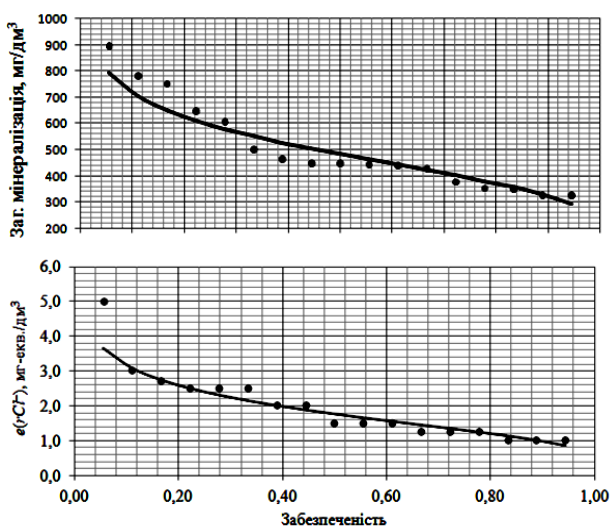


Рис. 3. Статистичний розподіл мінералізації і показника $e(rCf)$ вод Барабойського водосховища: маркер коло – емпіричний розподіл; суцільна лінія – логнормальний закон

Води водосховища за класифікацією Костякова А. М. з ймовірністю 71 % протягом ТП відносяться до 2 класу – «обережний підхід» при поливі, 29 % ТП до 1 класу – «добра». При використанні для поливу вод Барабойського водосховища є ризик засолення ґрунту.

В середньому води відносяться до підтипу IIa, але протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: IIa (53 %), IIб (41 %) і IIIб (6 %).

Діапазон значень показника $e(rCf)$ для вод Барабойського водосховища (рис. 3) дорівнює 1,0–5,0 мг-екв/дм³, при середньому значенні – 2,0 мг-екв/дм³.

Відповідно ДСТУ 2730:2015 води Барабойського водосховища відносяться до іригаційних вод класу I (придатна для зрошення без обмежень). Використання для поливу цих вод не призведе до іригаційного засолення усіх типів ґрунтів.

За класифікацією Бездніної С. Я. води відносяться до категорії I (води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів) з ймовірністю 65 % протягом ТП і до категорії II (води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів) – 35 %.

Небезпека осолонцювання:

за методикою Стеблера Х. протягом усього ТП води добрі, необмежено придатна для зрошення усіх культур; за Антиповим-Каратаєвим І. Н. і Кадером Г. М. – води «придатні» для поливу 100 % ТП;

за Будановим А.М. – води «придатні» для поливу 82 % ТП і «непридатні» – 18 % ТП;

за Можейко А.М. і Воротником Т.К. – води «сприятливі» для поливу 100 % ТП;

кількість магнію у воді Барабойського водосховища за Сабольчем І. і Дарабом К. шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 53 % ТП і «не шкідливе» – 47 % ТП;

за Келлі і Лібіхом – 71 % ТП осолонцювання «неможливе» і 29 % – «можливе».

Зіставлення характеристик водосховищ показує, що води Кучурганського водосховища за мінералізацією непридатні для поливу середньосуглинкових, важкосуглинкових та глинистих ґрунтів. Вони будуть сприяти засоленню цих ґрунтів протягом практично усього (90 %) теплого періоду. Підлучення ґрунту при поливі можливе у 70–95 % теплого періоду. За вмістом токсичних солей зрошення можливе тільки легких, добрепроникних ґрунтів.

Води Барабойського водосховища за мінералізацією і співвідношенням головних іонів мають більш сприятливі іригаційні властивості: вони придатні для зрошення більшості типів ґрунтів, здатні утворювати в ґрунті меншу кількість токсичних солей та сприяють магнієвому осолонцюванню протягом 29–53 % теплого періоду.

Висновки.

1. Води Кучурганського водосховища мають високу солоність, їх використання для поливу в звичайних умовах сприяє засоленню ґрунту протягом 90 % ТП.

2. Вміст магнію створює небезпеку осолонцювання ґрунту протягом 70–95 % ТП.

3. Використання вод Кучурганського водосховища для поливу можливе на легкопроникних (піщаних і супіщаних) ґрунтах при наявності дренажу.

4. Безпечно використання вод Кучурганського водосховища для поливу суглинистих ґрунтів можливе при розбавленні їх водою з малою мінералізацією.

5. Води Барабойського водосховища мають низьку солоність, але вони потребують обережного підходу при поливі.

6. Вміст магнію створює небезпеку осолонцювання ґрунту з ймовірністю 29–53 %.

7. Використання вод Барабойського водосховища для поливу можливе для зрошення більшості типів ґрунтів.

8. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення методики розрахунку гіпотетичних токсичних солей у водах та аналізу іригаційних властивостей вод інших водних об'єктів Одеської області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. На півдні України може запрацювати пілотний проєкт з іригації землі. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-irygacija-pivden-ukrajiny/31165680.html> (дата звернення 10.05.2021).
2. Кулибабин А. Г., Незвинский А. Ф., Кичук И. Д. Эколого-экономические аспекты орошения и рационального природопользования в зоне Дунай-Днестровской оросительной системы Одесской области / УЭАН Украины, Черноморское отделение. Одесса, 1997. 85 с.
3. Студьонова К.С., Юрасов С.М. Зіставлення іригаційних властивостей вод річок Дунай і Дністер. *Матеріали XIX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*, 25–29 травня 2020. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 149.
4. Юрасов С.М., Кузьмина В.А. Иригаційна оцінка якості вод Сасику. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2019. № 224. с.112–121.
5. Сидоренко Ф., Гуцул Т., Богдевич О. та ін. Довгострокові екологічні ризики забруднення басейну річки Дністер застарілими пестицидами. *Матеріали міжнародної конференції „Інтеграція в ЄС та управління басейном річки Дністер”*, Кишинів, 8–9 жовтня 2020 р. Кишинів: Eco-TIRAS, 2020. С. 282–285.
6. Яров Я. С. Гідрохімічний режим та екологічний стан річки Барабой. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 7. С. 200–210.
7. Яров Я.С. Оцінка якості води річки Барабой за гідрохімічними показниками. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2012. Вип. 13. С. 177–186.
8. Ковалёва Н. В., Мединец И. В., Мединец С. В. Трофический статус вод Кучурганского лимана. *Материалы международной конференции «Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы*. Тирасполь, 26–27 октября 2017 года. Тирасполь: Eco-TIRAS, 2017. С. 183–186.
9. Гидрохимические особенности двух контрастных (Дубоссарского и Кучурганского) водохранилищ / Касапова Л. В., Филипенко С. И., Руденко А. К., Калатинская М. А. *Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы : материалы международной конференции*. Тирасполь, 26–27 октября 2017 года. Тирасполь: Eco-TIRAS, 2017. С. 164–166.
10. Костяков А. Н. Основы мелиораций. Москва : Государственное из-во сельскохозяйственной литературы, 1960. 620 с.
11. Заносова В. И., Молчанова Т. Я. Оценка качества подземных вод и степени их пригодности для орошения. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017. № 6 (152). С. 49–53.
12. Безднина С. Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд. РГАТУ, 2013. 171 с.
13. Слюсарев В. Н., Терпелец В. И., Швеиц Т. В. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Мелиоративное почвоведение». Краснодар : КубГАУ, 2014. 26 с.
14. Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв: учебник. 3-е изд. испр. и доп. Москва : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2003. 448 с.
15. Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1970. 446 с.
16. Атадаев С., Акмамедов Б. Качество воды главного коллектора туркменского озера «Алтын Асыр». *Международный научно-практический журнал*. 2012. № 3-4. С. 18–19.
17. Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд. перераб. и доп. Том. 1 / под ред. проф. В. М. Максимова. Ленинград : Недра, 1979. 512 с.

REFERENCES:

1. Na pivdni Ukrainy mozhe zapratsiuvaty pilotnyi proekt z iryhatsii zemli. [A pilot project on land irrigation may start operating in the south of Ukraine]. Available at: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-irygacija-pivden-ukrajiny/31165680.html> (Accessed: 10.05.2021). [in Ukrainian]
2. Kulibabin, A.G., Nezvinskii, A.F. & Kichuk, I.D. (1997). *Ekologo-ekonomicheskiye aspekty orosheniya i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v zone Dunay-Dnestrovskoy orositel'noy sistemy Odesskoy oblasti* [Ecological and economic aspects of irrigation and environmental management in the area of the Danube-Dniester irrigation system of the Odessa Region. Black Sea branch of Ukrainian Environmental Academy of Sciences. Odessa. [in Russian]
3. Studonova K.S. & Yurasov S.M. (2020). [Comparison of irrigation properties of the Danube and Dniester rivers]. *Materialy XIX naukovoi konferentsii molodykh vchenykh ODEKU* [Proceedings of the XIX scientific conference of young scientists of Odessa State Environmental University], 25–29 May. Odesa, p. 149. [in Ukrainian]
4. Yurasov S.M. & Kuzmyna V.A. (2019). [Irrigative assessment of water quality of Sasyk]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal* [Ukrainian hydrometeorological journal], 224, pp. 112–121. [in Ukrainian]
5. Sidorenko F., Gutsul T., Bogdevic O. et al. (2020). Long-term environmental risks of pollution of the Dniester river basin by obsolete pesticides. *Proceedings of the International Conference „EU Integration and Management of the Dniester River Basin”, Chisinau, October 8–9, 2020*. Chisinau: Eco-TIRAS. pp. 282–285. [in Ukrainian]
6. Yarov Ya.S. (2010). Hidrokhimichni rezhym ta ekolohichni stan richky Baraboi. [Hydrochemical regime and ecological condition of the Baraboy river]. *Ukrains'kij*

- gidrometeorologičnij žurnal [Ukrainian hydrometeorological journal], 7, pp. 200–210. [in Ukrainian]
7. Yarov Ya.S. (2012). Otsinka yakosti vody richky Baraboi za hidrokhimichnymy pokaznykamy. *Visnik Odes'kogo deržavnogo ekologičnogo universitetu [Bulletin of Odessa state environmental university]*, 13. pp. 177–186. [in Ukrainian]
 8. Kovaljova N.V., Medinec I.V. & Medinec S.V. (2017). Troficheskiy status vod Kuchurganskogo limana. [Trophic status of the waters of the Kuchurgan estuary]. *Materialy mezhdunarodnoj konferencii «Integrirovannoe upravlenie transgranichnym basejnom Dnestra: platforma dlja sotrudnichestva i sovremennye vyzovy. Tiraspol', 26–27 oktjabrja 2017 goda. [Materials of the international conference “Integrated management of the Dniester transboundary basin: a platform for cooperation and modern challenges. Tiraspol, October 26–27, 2017]. pp. 183–186. [in Russian]*
 9. Kasapova L.V. et al. (2017). Hidrokhimicheskie osobennosti dvukh kontrastnykh (Dubossarskogo i Kuchurganskogo vodokhranilišč. [Hydrochemical features of two contrasting (Dubossary and Kuchurgan) reservoirs]. *Materialy mezhdunarodnoj konferencii «Integrirovannoe upravlenie transgranichnym basejnom Dnestra: platforma dlja sotrudnichestva i sovremennye vyzovy. Tiraspol', 26–27 oktjabrja 2017 goda [Materials of the international conference “Integrated management of the Dniester transboundary basin: a platform for cooperation and modern challenges. Tiraspol, October 26–27, 2017], pp. 164–166. [in Russian]*
 10. Kostjakov, A.N. (1960). *Osnovy melioratsii [Basics of land reclamation]*. Moscow: State of Agricultural Literature. [in Russian]
 11. Zanosova, V.I. & Molchanova, T.Ya. (2017). Otsenka kachestva podzemnykh vod i stepeni ikh prigodnosti dlya orosheniya [Assessment of groundwater quality and degree of their suitability for irrigation]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]*, № 6 (152), pp. 49–53. [in Russian]
 12. Bezdina, S.Y. (2013). *Nauchnye osnovy otsenki kachestva vody dlya orosheniya [Scientific basis for assessing the quality of irrigation water]*. Ryazan: The P.A.Kostychev RSATU Publ. [in Russian]
 13. Slyusarev, V.N., Terpelets, V.I. & Shvets, T.V. (2014). *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu praktičeskikh zanyatij po distsipline «Meliorativnoye pochvovedeniye» [Guidelines for conducting practical classes on the subject “Land-reclamation soil science”]*. Krasnodar: KubSAU. [in Russian]
 14. Zaydelman, F.R. (2003). *Melioratsiya pochv [Soil Reclamation]*. 3rd ed. corrected and add. Moscow: Publishing House of the M.V. Lomonosov Moscow State University. [in Russian]
 15. Alekin, O.A. (1970). *Osnovy gidrokhimii [Basics of hydrochemistry]*. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
 16. Atdaev, S. & Akmamedov, B. (2012). Kachestvo vody glavnogo kollektora turkmenskogo ozera «Altyn Asyr» [Water quality of the main collector of the Turkmen lake “Altyn Asyr”]. *International scientific and practical journal*, 3-4, pp. 18–19. [in Russian]
 17. Maksimov, V.M. (ed). (1979). *Spravochnoe rukovodstvo gidrogeologa [Reference guide hydrogeologist]*. 3rd ed. reclaiming and add. Vol. 1. Leningrad: Nedra. [in Russian]

Караулов В.Д., Юрасов С.М. Аналіз мінливості іригаційних властивостей вод Кучурганського і Барабойського водосховищ

Мета досліджень полягає: в оцінці за різними методиками іригаційних властивостей вод Кучурганського і Барабойського водосховищ та їх мінливості протягом теплого періоду року за даними гідрохімічних спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів 2010–2020 рр.; в порівнянні можливості іригаційного засолення та осолонцювання ґрунтів при використанні вод розглядуваних водних об'єктів для поливу; в практичному опрацюванні запропонованого удосконалення методики ДСТУ 2730:2015 на основі детальної типізації іригаційних вод.

Методи. Аналіз емпіричного матеріалу на наявність грубих помилок, визначення статистичних характеристик рядів спостережень і параметрів законів розподілу показників якості вод виконано методами математичної статистики.

Результати. Джерелами підживлення водосховищ на півдні Одеської області як правило є Дунай і Дністер, води яких відповідають іригаційним кондиціям. Однак, змішання дунайських або дністровських вод з водами природних джерел живлення водоймищ призводять зазвичай до зміни властивостей водних мас не на краще. Прикладом може служити водосховище Сасик, води якого після змішування з водами Дунаю придатні для зрошення лише легких, добре проникних та дренажних ґрунтів. Тоді як дунайські води підходять для поливу усіх типів ґрунтів.

У статті розглядаються різні відомі методики іригаційної оцінки вод. Запропоновано детальна типізація іригаційних вод і на її основі удосконалення методики ДСТУ 2730:2015. Виконано оцінка якості вод Кучурганського і Барабойського водосховищ за розглянутими методиками. Отримано, що іригаційні властивості вод цих водосховищ суттєво відрізняються. Кучурганське водосховище: мінералізація вод протягом 90 % теплого періоду (ТП) знаходиться в діапазоні 1–3 г/дм³; за класифікацією Костякова А. М. це води з «підвищеною небезпечністю» засолення (категорія 3); сума токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів змінюється в діапазоні 5,4–43 мг-екв/дм³; води підтипу ІІб (84 % ТП); води придатні для поливу легких, добре проникних і дренажних ґрунтів; вміст магнію сприяє осолонцюванню протягом 70–75 % ТП. Барабойське водосховище: мінералізація вод не перевищує 1 г/дм³; за Костяковим А. М. при поливі потрібен «обережний підхід» (2 категорія) протягом 71 % ТП і в 29 % – води «добрі» (1 категорія); сума токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів змінюється в діапазоні 1,0–5,0 мг-екв/дм³; співвідношення головних іонів відноситься до підтипів ІІа (53 %) і ІІб (41 %); за Бездіної С. Я. води належать до категорії І з ймовірністю 65 % протягом ТП і до категорії ІІ – 35 %; кількість магнію шкідливо впливає на ґрунт протягом 53 % ТП.

Висновки. Води Кучурганського і Барабойського водосховищ придатні для зрошення, але потребують обережного підходу у зв'язку з можливістю магнієвого осолонцювання. Води Барабойського водосховища мають кращі іригаційні властивості, вони придатні для поливу більшості типів ґрунтів, води Кучурганського – тільки для поливу легких, добре проникних та дренажних ґрунтів.

Ключові слова: іригаційна оцінка, якість вод, типізація іригаційних вод, мінливість якості, засолення, осолонцювання.

Karaulov V.D., Yurasov S.M. Analysis of the variability of the irrigation properties of the waters of the Kuchurgansky and Baraboysky reservoirs

The purpose research is: in the evaluation of the irrigation properties of the waters of the Kuchurgansky and Baraboy reservoirs and their variability during the warm period of the year according to the data of hydrochemical observations of the Odesa Regional Department of Water Resources in 2010–2020 using different methods; comparing the possibilities of irrigation salinization and salinization of soils when using the waters of the considered water bodies for irrigation; in the practical processing of the proposed improvement of the methodology of DSTU 2730:2015 based on the detailed typification of irrigation waters.

Methods. The analysis of the empirical material for the presence of gross errors, the determination of the statistical characteristics of the series of observations and the parameters of the laws of the distribution of water quality indicators was performed using the methods of mathematical statistics.

Results. The sources of water reservoirs in the south of the Odesa region are usually the Danube and the Dniester, whose waters correspond to irrigation conditions. However, the mixing of the Danube or Dniester waters with the waters of natural sources of water reservoirs usually leads to a change in the properties of water masses, not for the better. An example can be the Sasyk reservoir, the waters of which, after mixing with the waters of the Danube, are suitable for irrigating only light, well-permeable and drained soils. Whereas the Danube waters are suitable for watering all types of soil.

The article discusses various known methods of irrigation water assessment. A detailed typification of irrigation water and, based on it, improvement of

the DSTU 2730:2015 methodology are proposed. An assessment of the water quality of the Kuchurgansky and Baraboy reservoirs was carried out according to the considered methods. It was found that the irrigation properties of the waters of these reservoirs differ significantly. Kuchurgan reservoir: water mineralization during 90 % of the warm period (WP) is in the range of 1–3 g/dm³; according to A. M. Kostyakov's classification, these are waters with "increased danger" of salinity (category 3); the amount of toxic salts in chloride ion equivalents varies in the range of 5.4–43 mg-eq/dm³; water of subtype IIb (84 % WP); the waters are suitable for watering light, well-permeable and drained soils; the magnesium content contributes to salinization during 70–75 % of WP. Baraboy reservoir: water mineralization does not exceed 1 g/dm³; according to Kostyakov A. M., a "careful approach" (category 2) is needed during watering during 71 % of the TP and in 29% – "good" water (category 1); the amount of toxic salts in chloride ion equivalents varies in the range of 1.0–5.0 mg-eq/dm³; the ratio of the main ions refers to subtypes IIa (53%) and IIb (41 %); according to Bezdina S. Ya., waters belong to category I with a probability of 65 % during the WP and to category II – 35 %; the amount of magnesium has a harmful effect on the soil during 53 % of the WP.

Conclusions. The waters of the Kuchurgansky and Baraboysky reservoirs are suitable for splicing, but require a careful approach due to the possibility of magnesium salinization. The waters of the Baraboy reservoir have better irrigation properties, they are suitable for watering most types of soil, the water of Kuchurgansky – only for watering light, well-permeable and drained soils.

Key words: irrigation assessment, water quality, irrigation water typification, quality variability, salinization, salinization.