

УДК 504.4:54

## ІРИГАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОД КУЧУРГАНСЬКОГО І БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩ

С. М. Юрасов, В. Д. Караулов, М. Г. Перченко,  
Е. О. Юдина, Н. В. Грабко

Одеський державний екологічний університет,  
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, [urasen54@gmail.com](mailto:urasen54@gmail.com)

Проблема іригації сільгоспугідь півдня України, у тому числі Одеської області, була і залишається дуже актуальною. 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. Але змішування дунайських або дністровських вод з водами природних джерел живлення водосховищ і вплив місцевих чинників формування якості вод призводять до зміни властивостей водних мас. 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 протягом усього теплого періоду року.

У статті надається огляд різних методик іригаційного оцінювання вод. Запропонована детальна типізація іригаційних вод на основі типізації природних вод Альокіна О. А. і таблиця розрахунку концентрації токсичних гіпотетичних солей в водах різних підтипів. Виконано оцінку 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/дм<sup>3</sup>; за класифікацією Костякова А. М. це води з «підвищеною небезпечністю» засолення (категорія 3); кількість токсичних солей не перевищує 2,4 г/дм<sup>3</sup>; води підтипу Пб (84% ТП); склад токсичних солей представлений  $NaCl$  (максимальне значення 0,92 г/дм<sup>3</sup>),  $Na_2SO_4$  (максимальне значення 0,79 г/дм<sup>3</sup>) і  $MgSO_4$  (максимальне значення 1,5 г/дм<sup>3</sup>); сумарний вміст хлориду і сульфату натрію у воді не перевищує норму для поливу легких, добре проникних і дренажних ґрунтів; вміст магнію сприяє осолонцюванню протягом 70-75% ТП. Барабойське водосховище: мінералізація вод не перевищує 1 г/дм<sup>3</sup>; за Костяковим А. М. при поливі потрібен «обережний підхід» (2 категорія) протягом 71% ТП і в 29% – води «добрі» (1 категорія); співвідношення головних іонів відноситься до підтипів Па (53%) і Пб (41%); за Бездніної С. Я. води належать до категорії І (води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів) з ймовірністю 65% протягом ТП і до категорії ІІ (придатні для зрошення більшості типів ґрунтів) – 35%; кількість магнію шкідливо впливає на ґрунт протягом 53% ТП.

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; Кучурганське водосховище; Барабойське водосховище; детальна типізація іригаційних вод; осолонцювання.

### 1. ВСТУП

Проблема іригації сільгоспугідь півдня України у тому числі Одеської області була і залишається дуже актуальною. В даний час головою Одеської ОДА підписано 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 викорис-

тання для поливу. Джерелами підживлення водосховищ на півдні Одеської області як правило є Дунай і Дністер, води яких відповідають іригаційним кондиціям [2, 3]. Але, змішування дунайських або дністровських вод з водами природних джерел живлення водосховищ і вплив місцевих чинників формування якості вод приводять до зміни властивостей водних мас.

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. Дністровські води на відміну від дунайських мають більшу мінералізацію (в середньому приблизно в 1,4 рази) і більший вміст токсичних іонів, вони сприяють утворенню в ґрунті більшої кількості токсичних солей. У такому зв'язку цікавим стає питання: яки іригаційні властивості мають води згаданих водосховищ, і як ці властивості змінюються протягом теплого періоду.

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.

*Метою роботи є оцінка іригаційних властивостей вод Кучурганського і Барабойського водосховищ і їх мінливості протягом теплого періоду року за даними гідрохімічних спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів 2007-2017 рр.*

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

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

## 2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ІРИГАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОД

В роботі [4] дається детальний аналіз методик оцінки іригаційних властивостей вод. Коротко зупинимося на цьому.

Іригаційну класифікацію вод встановлюють за чотирма критеріями:

- концентрація солей;
- співвідношення іонів;
- концентрація токсичних елементів, які можуть негативно вплинути на сільськогосподарські рослини і в цілому на навколишнє середовище;
- концентрація біогенів.

Найбільш важливими є перші два критерії.

*Концентрація солей.* Мінералізацію вод визначають: аніони – хлориди ( $Cl^-$ ), сульфати ( $SO_4^{2-}$ ), карбонати ( $CO_3^{2-}$ ) і гідрокарбонати ( $HCO_3^-$ ); катіони – калій ( $K^+$ ), натрій ( $Na^+$ ), магній ( $Mg^{2+}$ ) і кальцій ( $Ca^{2+}$ ). Часто розглядають карбонати з гідрокарбонатами, а калій з натрієм.

Висока мінералізація вод при поливі може привести до надмірного накопичення солей в кореневмісному шарі ґрунту. Це називають засоленням. Солі, які пригнічують або згубно впливають на сільськогосподарські рослини, знижують урожай і його якість [10, с.8], наступні:  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ .

Небезпеку засолення ґрунтів за мінералізацією зрошувальної води Костяков А.Н. оцінює в такий спосіб:

- до  $1,0 \text{ г/дм}^3$  – придатна для зрошення;
- від  $1,0$  до  $1,5 \text{ г/дм}^3$  – обережне зрошення;
- від  $1,5$  до  $3,0 \text{ г/дм}^3$  – необхідний аналіз хімічного складу солей,
- понад  $3 \text{ г/дм}^3$  – не придатна для зрошення [11, с.48];
- до  $0,4 \text{ г/дм}^3$  – хороша вода, придатна для зрошення;
- від  $0,4$  до  $1,0 \text{ г/дм}^3$  – обмежене застосування;
- від  $1,0$  до  $3,0 \text{ г/дм}^3$  – підвищена небезпека для рослин;
- більше  $3 \text{ г/дм}^3$  – вторинне засолення [12, с.51].

У США за мінералізацією використовують інші класифікаційні межі ( $M_o$ ,  $\text{г/дм}^3$ ) [13]:

- $M_o \leq 0,20$  – вода низької солоності, придатна для зрошення більшості культур на більшості ґрунтів;
- $0,20 < M_o \leq 0,50$  – вода середньої солоності, використовують в умовах помірного вилуговування, культури середньої солестійкості можна вирощувати, не застосовуючи заходів для боротьби з засоленням;
- $0,50 < M_o \leq 1,00$  – вода високої солоності, навіть при гарному дренажі можуть знадобитися заходи щодо боротьби з засоленням, слід вибрати культури, що мають високу солестійкість;
- $1,00 < M_o \leq 3,00$  – вода дуже високої солоності, непридатна для зрошення в звичайних умовах, полив можливий при умовах високої прони-

кності ґрунтів, наявності дренажу та солестійкості культур.

Засолення ґрунтів характеризується також показником токсичності. Граничний вміст солей, при якому спостерігається пригнічення розвитку сільськогосподарських культур, називають порогом токсичності

Токсичні солі, що зустрічаються у ґрунті і воді, представлені в таблиці 1.

**Таблиця 1** – Токсичність основних солей [10, с.9; 13, с.84; 14, с.386]  
**Table 1** - Toxicity of basic salts [10, p.9; 13, p.84; 14, p.386]

<i>NaCl</i>	<i>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>	<i>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></i>	<i>NaHCO<sub>3</sub></i>
<i>MgCl<sub>2</sub></i>	<i>MgSO<sub>4</sub></i>	<i>MgCO<sub>3</sub></i>	<i>Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></i>
<i>CaCl<sub>2</sub></i>	<i>CaSO<sub>4</sub></i>	<i>CaCO<sub>3</sub></i>	<i>Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></i>

Солі вище ризику (табл. 1) є шкідливими для рослин. Найбільш токсичними з них є сода (*Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>*, *NaHCO<sub>3</sub>*), хлористий (*NaCl*) і сірчано-кислий (*Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*) натрій, хлористий кальцій (*CaCl<sub>2</sub>*). Сульфат і хлорид магнію (*MgSO<sub>4</sub>*, *MgCl<sub>2</sub>*) мають меншу токсичність.

Токсичність солей Ковда В. А. [14, с.386] розташовує у такій послідовності: *Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>* > *NaHCO<sub>3</sub>* > *NaCl* > *CaCl<sub>2</sub>* > *Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* > *MgCl<sub>2</sub>* > *MgSO<sub>4</sub>*.

Розчинені у воді солі присутні у вигляді іонів. Однак, іноді придатність води для зрошення встановлюють за вмістом в ній солей [11, с.49]: на добре проникних ґрунтах допустимим є вміст *Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>* < 0,1% (1 г/дм<sup>3</sup>); *NaCl* < 0,2%; *Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* < 0,5%. За умови одночасної присутності солей ці границі знижуються. Якщо більшість солей складає *NaCl* і *Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*, то використання такої води для зрошення можливо лише на легких або дренажних ґрунтах.

Головні іони можуть бути токсичними і нетоксичними. До токсичних відносять іони, здатні утворювати токсичні солі. Завжди токсичними є іони *Cl<sup>-</sup>* і *Na<sup>+</sup>*, інші головні іони в залежності від їх взаємного урівноваження можуть бути токсичними і нетоксичними: *Mg<sup>2+</sup>* і *Ca<sup>2+</sup>* з *Cl<sup>-</sup>* дають токсичні солі, а з *CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>* і *HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>* – нетоксичні; *CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>* і *HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>* з *Na<sup>+</sup>* дають найбільш токсичні для рослин солі [15, с.24]. Виділення токсичних іонів зручно виконувати, якщо представити мінералізацію води у вигляді суми гіпотетичних солей [11, с.48, 49; 13, с.84; 16, с.201; 17, с.67; 18, с.389, 390].

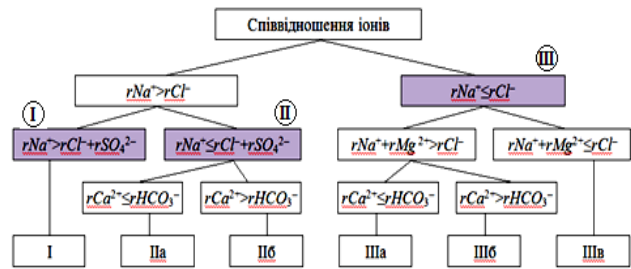
Костяков А. Н. [11, с.48, 49] вказує, що для вод з мінералізацією 1,5-3,0 мг/дм<sup>3</sup> необхідний аналіз хімічного складу солей.

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<sup>2+</sup>*, *Mg<sup>2+</sup>*, *Na<sup>+</sup>*; аніони – *HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>*, *SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*, *Cl<sup>-</sup>* [18, с.389, 390].

Послідовність комбінування іонів у Довідковому керівництві гідрогеолога [17, с.67] зворотна: аніони – *Cl<sup>-</sup>*; *SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*; (*CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>*+*HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>*); катіони – (*K<sup>+</sup>*+*Na<sup>+</sup>*); *Mg<sup>2+</sup>*; *Ca<sup>2+</sup>*. Але, склад солей буде однаковим як за прямою послідовністю, так і за зворотною.

Типи природних вод I, II і III за Альокіним О.А. [18, с.120] можна розділити на підтипи, що мають різні іригаційні властивості [4], в такому порядку (рис. 1): I, IIa, IIб, IIIa, IIIб, IIIв.



**Рис. 1** – Схема детальної типізації іригаційних вод [4]  
**Fig. 1** – Scheme of detailed typification of irrigation waters [4]

Води типу IV [18, с.121] не розглядаються оскільки до нього належать кислі болотні, шахтні і вулканічні води, а також води, сильно забруднені промисловими стоками, які не придатні для зрошення.

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. 2).

При випаровуванні усіх підтипів вод є можливість утворення в ґрунті хлориду натрію *NaCl* і гідрокарбонату кальцію *Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>*, тому при характеристиці іригаційних властивостей вод різних підтипів зупинимося тільки на відмінностях.

Води підтипу I за набором токсичних солей можуть бути самими несприятливими для поливу: крім сульфату натрію (*Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*) вони сприяють утворенню в ґрунті питної соди (*NaHCO<sub>3</sub>*), а за наявністю карбонат-іонів (*CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>*) – звичайної соди (*Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>*), для рослин ця сіль має найбільшу токсичність з усіх солей, що утворюють головні іони. При накопиченні *NaHCO<sub>3</sub>* і *Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>* відбувається осолонцювання ґрунту.

Води підтипів IIa і IIб на відміну від вод підтипу I замість соди (*Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>* і *NaHCO<sub>3</sub>*) сприяють утворенню в ґрунті сульфату магнію (*MgSO<sub>4</sub>*),

**Таблиця 2** – Склад гіпотетичних солей в воді при різному співвідношенні головних іонів (послідовність врівноваження іонів взято з Довідникового керівництва гідрогеолога [17, с. 67]) (за авторами статті)

**Table 2** - The composition of hypothetical salts in water at different ratios of major ions (the sequence of ion equilibration is taken from the Handbook of hydrogeologists [17, p. 67]) (according to the authors)

1) Концентрація солей, токсичних для рослин, мг/дм<sup>3</sup>:  $NaCl = 58,4 \times rCl^-$ ;  $Na_2SO_4 = 71,0 \times rSO_4^{2-}$ ;  $NaHCO_3 = 84,0 \times (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ .

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

**Примітки:** 1. В таблиці 2 сірим виділено область токсичних солей (іонів). 2. В осередку таблиці на перетині стовпця і рядка стоїть кількість (мг-екв./дм<sup>3</sup>) іонів у воді, що входять до складу гіпотетичної солі (які врівноважують один одного та складають гіпотетичну сіль). 3. В таблиці приведені формули розрахунку концентрації гіпотетичних солей в ваговій формі.

який має найменшу токсичність серед усіх солей.

У вод згаданих підтипів (IIa і IIб) набір токсичних солей однаковий, але вони відрізняються вмістом нетоксичних солей, які мають різні іригаційні властивості

Води підтипу IIa сприяють утворенню гідрокарбонату магнію ( $Mg(HCO_3)_2$ ). Він нетоксичний для рослин (за Ковдою В. А.), але здатний викликати осолонцювання ґрунтів. Зайдельман Ф. Р. відносить іон магнію завжди до токсичних іонів [15, с.24].

У водах підтипу IIб замість гідрокарбонату магнію міститься інша нетоксична сіль – гіпс

( $CaSO_4 \times 2H_2O$ ), який добавляють у воду при поливі солонцюватих ґрунтів.

З вод підтипів IIIa і IIIб на відміну від вод підтипів IIa і IIб замість сульфату натрію ( $Na_2SO_4$ ) в ґрунт може надійти менш токсичний хлорид магнію ( $MgCl_2$ ). Ці води за набором солей більш сприятливі для поливу.

Підтипи вод IIIa і IIIб відрізняються один від одного так само, як і підтипи вод IIa і IIб: IIIa – містить гідрокарбонат магнію ( $Mg(HCO_3)_2$ ), а IIIб – сульфат кальцію ( $CaSO_4$ ).

На відміну від IIIa і IIIб в водах підтипу IIIв замість сульфату магнію ( $MgSO_4$ ) з'являється більш токсична для рослин сіль – хлорид каль-

цію ( $CaCl_2$ ). В водах підтипу Шв склад токсичних солей за ступенем несприятливості для поливу можна розташувати на другому місці після складу солей в водах I-го типу.

Для перерахунку концентрації іонів з еквівалентної форми (мг-екв/дм<sup>3</sup>) в вагову (мг/дм<sup>3</sup>) 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 таблицю 2 розглянемо на прикладі вод підтипу I (табл. 2(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 ( $rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+}$ ). Вагова концентрація згаданої частини іонів натрію дорівнює  $22,99 \cdot (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ , а частина гідрокарбонат-іонів –  $61,02 \cdot (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ , звідси концентрація питної соди  $NaHCO_3$  складає  $84,0 \cdot (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ .

Посохов О. В., розглядаючи типізацію природних вод Альокіна О. А., запропонував розділити води типу III на два підтипи: IIIа ( $rNa^+ + rMg^{2+} > rCl^-$ ) і IIIб ( $rNa^+ + rMg^{2+} < rCl^-$ ) [18, с.121]. Альокін О.А. зазначає, що підтип IIIб характерний для сильно мінералізованих вод лагунного походження.

Підтип IIIб по Посохову О.В. відповідає підтипу Шв в запропонованій детальній 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 Шв. Наприклад, у водосховищі Сасик води цього підтипу спостерігалися з ймовірністю 5% і мали найменшу мінералізацію з усього ряду спостережень (менш 1 г/дм<sup>3</sup>) [4].

**Співвідношення іонів.** Найбільш поширеною є класифікація іригаційних властивостей вод за співвідношенням катионів.

Бездніна С.Я. [19] у своїй класифікації поряд з мінералізацією вод враховує співвідношення іонів натрію і суми катионів (рис. 2).

Її класи (категорії) мають такі характеристики:

I – води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів;

II – води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів;

III – води обмежено придатні (III<sub>1-5</sub> – потребують покращання розбавленням, III<sub>6-7</sub> – потре-

бують хімічної меліорації, III<sub>8-12</sub> – потребують розбавлення та хімічної меліорації);

IV – води умовно придатні (IV<sub>1</sub> – потребують хімічної меліорації, IV<sub>2-4</sub> – потребують розбавлення та хімічної меліорації);

V – води не придатні для зрошення.

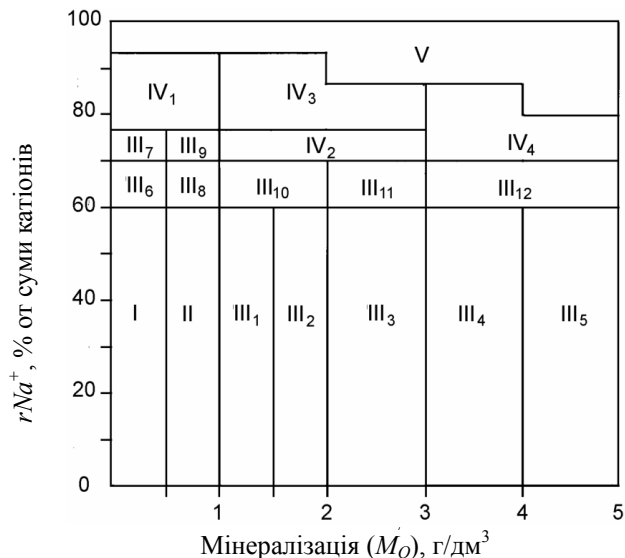


Рис. 2 – Класифікація мінералізованих вод за ступенем їх придатності для зрошення (Бездніна С.Я.)

Fig. 2 - Classification of mineralized waters according to the degree of their suitability for irrigation (Bezdina S.Ya.)

Іригаційний (лузний) коефіцієнт Стеблера розраховується в залежності від типу вод (за Альокіним О.А.) за наступними формулами [10, с.10; 18, с.288]:

при  $rCl^- > rNa^+$  (III)

$$K_a = 288 / (5rCl^-), \quad (1)$$

при  $rCl^- + rSO_4^{2-} > rNa^+ > rCl^-$  (II)

$$K_a = 288 / (rNa^+ + 4rCl^-), \quad (2)$$

при  $rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}$  (I)

$$K_a = 288 / (10rNa^+ - 5rCl^- - 9rSO_4^{2-}). \quad (3)$$

Придатність води для зрошення за  $K_a$  оцінюється таким чином [10]:

-  $K_a \geq 18$  – «добра», необмежено придатна для зрошення всіх культур;

-  $18 > K_a \geq 6$  – «задовільна», придатна для зрошення більшості культур у залежності від ґрунтово-кліматичних умов;

-  $6 > K_a \geq 1,2$  – «незадовільна», обмежено придатна для зрошення солестійких культур за умови доброго штучного дренажу, проведення промивних поливів і меліоративних заходів (наприклад, внесення емульсії гіпсу у воду);

-  $K_a < 1,2$  – «погана», непридатна для зрошення.

І. М. Антипов-Каратаєв і Г. М. Кадер вважають [10, с.16; 12, с.50; 13, с.85; 14, с.16], що вода придатна для зрошення при

$$K = (Ca^{2+} + Mg^{2+}) / Na^+ \geq 0,23M_0, \quad (4)$$

де:  $M_0$  – загальна концентрація розчинних солей у воді, г/дм<sup>3</sup>;

$Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  – концентрація катіонів в ммоль/дм<sup>3</sup>.

М. Ф. Буданов запропонував наступні співвідношення для безпечного поливу водами з мінералізацією  $\leq 1$  г/дм<sup>3</sup>:

$$K_1 = rNa^+ / rCa^{2+} \leq 1,0;$$

$$K_2 = rNa^+ / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq 0,70.$$

Для вод з мінералізацією 1-3 г/дм<sup>3</sup> при збереженні вище зазначених умов, вводиться ще одна умова

$$K_3 = r\Sigma\hat{e} / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq B,$$

де ( $r\Sigma\hat{e}$ ) – сума головних іонів.

Коефіцієнт  $K_3$  не повинен перевищувати: 4 – для середньо- і важкосуглинистих ґрунтів; 5 – для легкосуглинистих ґрунтів; 6 – для супіщаних і піщаних ґрунтів:

Можейко А. М. і Ворітник Т. К. вважають, що води придатні для поливу, за умови

$$K = (Na^+ + K^+) / (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+) \leq 0,65,$$

де  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  – концентрація катіонів в ммоль/дм<sup>3</sup>.

При  $K \leq 0,65$  вода сприятлива для поливу,  $0,65 < K \leq 0,75$  – несприятлива,  $K > 0,75$  – дуже несприятлива, оскільки викликає осолонцювання ґрунту.

Саболч І. та Дораб К. вказують, що кількість іонів  $rMg^{2+}$  у поливній воді не впливає шкідливо на ґрунт, якщо [13, с.85; 14, с.16; 20, с.18]

$$rMg^{2+} / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq 0,50.$$

Келлі і Лібіх в свою чергу встановили, що наявність  $Na^+$  і  $Mg^{2+}$  в поливній воді не впливає погано на ґрунт, при умові:

$$rNa^+ / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq 1,0;$$

$$rMg^{2+} / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq 0,60.$$

Показник  $SAR$  розраховується за формулою (використовується для оцінки якості іригаційних вод в США) [14, с. 16]:

$$SAR = rNa^+ / [(rCa^{2+} + rMg^{2+}) / 2]^{0,5}, \quad (5)$$

де  $rNa^+$ ,  $rCa^{2+}$ ,  $rMg^{2+}$  – концентрація катіонів солей, мг-екв/дм<sup>3</sup>.

За значенням  $SAR$  дається оцінка небезпеки осолонцювання ґрунтів:  $SAR \leq 10$  – мала;  $10 < SAR \leq 18$  – середня;  $18 < SAR \leq 26$  – висока;  $SAR > 26$  – дуже висока.

### 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для оцінки якості вод Кучурганського і Барабойського водосховищ використані результати спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів за період 2007-2017 рр.

#### Кучурганське водосховище (с. Градениці).

Мінералізація вод (рис. 3а) в теплий період (ТП) в середньому складає 1,7 г/дм<sup>3</sup> при діапазоні від 0,85 до 3,4 г/дм<sup>3</sup>. З ймовірністю 90% протягом ТП мінералізація вод знаходиться в діапазоні 1-3 г/дм<sup>3</sup>. 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. [11, с.48, 49] необхідний аналіз сольового складу.

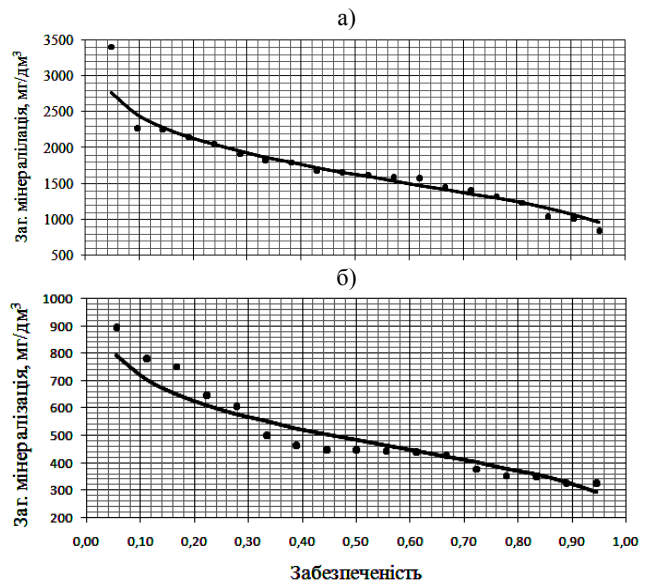


Рис. 3 – Статистичний розподіл мінералізації вод Кучурганського (а) і Барабойського (б) водосховищ: маркер коло – емпіричний розподіл; суцільна лінія - логнормальний закон (з параметрами: Кучурганське -  $\check{C} = 7,396$  і  $\check{G} = 0,3187$ ; Барабойське -  $\check{C} = 6,180$  і  $\check{G} = 0,3109$ ; де  $\check{C}$  і  $\check{G}$  – середнє і середньоквадратичне відхилення логарифмованих рядів спостережень)

Fig. 3 - Statistical distribution of mineralization of waters of Kuchurgan (a) and Baraboysky (b) reservoirs: marker circle - empirical distribution; solid line - lognormal law (with parameters: Kuchurgan -  $\check{C} = 7,396$  and  $\check{G} = 0,3187$ ; Baraboysky -  $\check{C} = 6,180$  and  $\check{G} = 0,3109$ ; where  $\check{C}$  and  $\check{G}$  - standard and standard deviation of logarithmic series of observations)



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. [18, с.120] води відносяться до сульфатного класу, групи натрію протягом 85-90% ТП.

В середньому води відносяться до підтипу Пб, але умови формування їх якості такі, що протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: Па (5%), Пб (80%) і Шб (15%). У цілому протягом року розподіл підтипів вод у Кучурганському водосховищі буде: Па (3%), Пб (84%) і Шб (13%). Тобто, і протягом року і у теплий період ймовірність появи різних підтипів вод у Кучурганському водосховищі в районі с. Градениці приблизно однакова.

Загальна концентрація токсичних солей в водах Кучурганського водосховища в середньому складає 1,3 г/дм<sup>3</sup> (з діапазоном – 0,53÷2,4 г/дм<sup>3</sup>).

Надлишковий полив може сприяти потраплянню в ґрунт: *NaCl* в середньої кількості 0,55 г/дм<sup>3</sup> (до 0,92 г/дм<sup>3</sup>). За ступенем токсичності (по Ковді В. А.) ця сіль розташована одразу за питною содою *NaHCO<sub>3</sub>*. Крім того, протягом ТП можуть ще утворитися менш токсичні солі: *Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* у середньої кількості 0,20 г/дм<sup>3</sup> (до 0,79 г/дм<sup>3</sup>) з ймовірністю 85% і *MgSO<sub>4</sub>* – 0,52 г/дм<sup>3</sup> (до 1,5 г/дм<sup>3</sup>) з ймовірністю 100%.

Сумарний вміст хлориду і сульфату натрію при максимальних значеннях їх концентрації не перевищує допустимої норми (по аналогії з врахуванням ефекту спільної дії – 0,92/2 + 0,79/5 = 0,62 < 1,0) для поливу легких, добре проникних і дренованих ґрунтів.

Випаровування шару води 10 мм на площі 1 га може привести до утворення в середньому 125 кг/га (до 240 кг/га) токсичних солей, з яких: 55 кг/га (до 92 кг/га) буде *NaCl*; 20 кг/га (до 79 кг/га) – *Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*; 52 кг/га (до 150 кг/га) – *MgSO<sub>4</sub>*.

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, а протягом 55% ТП – «задовільні», придатні для зрошення більшості культур в залежності від ґрунтово-кліматичних умов;

за Антиповим-Каратаєвим І. Н. і Каде-ром 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;

за показником *SAR* департаменту сільського господарства США – небезпека осолонцювання «низька» 100% ТП;

кількість магнію у воді Кучурганського водосховища за Сабољчем 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. 3б) в середньому складає 0,51 г/дм<sup>3</sup> при діапазоні від 0,33 до 0,90 г/дм<sup>3</sup>.

За класифікацією Альокіна О.А. [18, с. 120] води відносяться до сульфатного класу протягом 71% ТП і до карбонатного – 29% ТП, групи магнію (47% ТП) або кальцію (47% ТП).

В середньому води відносяться до підтипу Па, але протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: Па (53%), Пб (41%) і Шб (6%). У цілому протягом року розподіл підтипів вод у водосховищі буде: Па (40%), Пб (52%) і Шб (8%). Тобто, протягом холодного періоду частіше появляються води підтипу Пб у порівнянні з водами підтипу Па. Але обидва підтипу є переважаючими.

Загальна концентрація токсичних іонів в водах протягом ТП в середньому складає 0,29 г/дм<sup>3</sup> (при діапазоні – 0,14÷0,52 г/дм<sup>3</sup>).

Кількість гіпотетичних солей в водах дорівнює: *NaCl* в середньому 0,086 г/дм<sup>3</sup> (до 0,18 г/дм<sup>3</sup>). Крім того, протягом ТП можуть ще утворитися менш токсичні солі: *Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* у середньої кількості 0,045 г/дм<sup>3</sup> (до 0,13 г/дм<sup>3</sup>) з ймовірністю 94% і *MgSO<sub>4</sub>* – 0,16 г/дм<sup>3</sup> (до 0,38 г/дм<sup>3</sup>) з ймовірністю 100%.

Випаровування шару води 10 мм на площі 1 га може привести до утворення в середньому 29 кг/га (до 52 кг/га) токсичних солей, з яких: 8,6 кг/га (до 18 кг/га) буде *NaCl*; 4,5 кг/га (до 13 кг/га) – *Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*; 16 кг/га (до 38 кг/га) – *MgSO<sub>4</sub>*.

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»; за класифікацією США (35%) – з «високою» солоністю і 65% ТП з «середньою» солоністю. При використанні для поливу вод Барабойського водосховища є ризик засолення ґрунту.

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 всіх 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;

за показником SAR департаменту сільського господарства США – небезпека осолонцювання «низька» 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 середньо-суглинкових, важкосуглинкових та глинистих ґрунтів. Вони будуть сприяти засоленню цих ґрунтів протягом практично усього (90%) теплового періоду. Підлучення ґрунту при поливі можливе у 70-95% теплового 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% теплового періоду.

#### 4. 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 суглинчастих 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 ЛІТЕРАТУРИ

1. На півдні України може запрацювати пілотний проект 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 ХІХ 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. Sidorencu F., Gutsul T., Bogdevic O. et al. 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, 2020. Pp. 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. *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. 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: Есо-TIRAS, 2017. С. 164-166.

10. Слюсарев В. Н., Терпелец В. И., Швец Т. В. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Мелиоративное почвоведение». Краснодар : КубГАУ, 2014. 26 с.
11. Костяков А. Н. Основы мелиораций. Москва : Государственное из-во сельскохозяйственной литературы, 1960. 620 с.
12. 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.
13. Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв: ученик. 3-е изд., испр. и доп. Москва : Изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова, 2003. 448 с.
14. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
15. Практикум по курсу «Мелиорация почв» / Зайдельман Ф. Р., Смирнова Л. Ф., Шваров А. П., Никифорова А. С. Москва : изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2007. 66 с.
16. Астапов С. В. Мелиоративное почвоведение (практикум). 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Гос. издат. сельхоз. лит., 1958. 368 с.
17. Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд. перераб. и доп. Том.1 / под ред. проф. В.М. Максимова. Ленинград : Недра, 1979. 512 с.
18. Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1970. 446 с.
19. Безднина С. Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд. РГТУ, 2013. 171 с.
20. Атадаев С., Акмамедов Б. Качество воды главного коллектора туркменского озера «Алтын Асыр». *Международный научно-практический журнал*. 2012. № 3-4. С. 18-19.

## 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 Ukr.)
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 Russ.)
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 Ukr.)
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 Ukr.)
5. Sidorenco, 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.
6. Yarov, Ya.S. (2010). *Hidrokhimichniy rezhym ta ekolohichniy stan richky Baraboi [Hydrochemical regime and ecological condition of the Baraboy river]*. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 7, pp. 200-210. (in Ukr.)
7. Yarov, Ya.S. (2012). *Otsinka yakosti vody richky Baraboi za hidrokhimichnymi pokaznykamy. Visnik Odes'kogo derzhavnogo ekologichnogo universitetu [Bulletin of Odessa state environmental university]*, 13, pp. 177-186. (in Ukr.)
8. Kovalyova, N.V., Medinets, I.V. & Medinets, S.V. (2017). *Troficheskiy status vod Kuchurganskogo limana [Trophic status of the waters of the Kuchurgan estuary]*. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Integrirovannoe upravlenie transgranichnym baseynom Dnestra: platforma dlya sotrudnichestva i sovremennye vyzovy. Tiraspol', 26-27 oktyabrya 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 Russ.)
9. Kasapova L.V. et al. (2017). *Gidrokhimicheskie osobennosti dvukh kantrastnykh (Dubossarskogo i Kuchurganskogo vodokhranilishch [Hydrochemical features of two contrasting (Dubossary and Kuchurgan) reservoirs]*. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Integrirovannoe upravlenie transgranichnym baseynom Dnestra : platforma dlya sotrudnichestva i sovremennye vyzovy. Tiraspol', 26-27 oktyabrya 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 Russ.)
10. Slyusarev, V.N., Terpelets, V.I. & Shvets, T.V. (2014). *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu prakticheskikh zanyatiy po distsipline «Meliorativnoye pochvovedeniye» [Guidelines for conducting practical classes on the subject “Land-reclamation soil science”]*. Krasnodar: KubSAU. (in Russ.)
11. Kostyakov, A.N. (1960). *Osnovy melioratsii [Basics of land reclamation]*. Moscow: State of Agricultural Literature. (in Russ.)
12. 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 Russ.)
13. 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 Russ.)
14. Arinushkina, E.V. (1970). *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Manual on chemical analysis of soil]*. 2nd ed. revised and enlarged. Moscow : Publishing House of Moscow State University. (in Russ.)
15. Zaydelman, F.R. et al. (2007). *Praktikum po kursu «Melioratsiya pochv» [Workshop on the course “Soil melioration”]*. Moscow: Publishing House of the M.V. Lomonosov Moscow State University. (in Russ.)
16. Astapov, S.V. (1958). *Meliorativnoye pochvovedenie (praktikum) [Meliorative soil science (practical)]*.

- 2d ed., revised and updated. Moscow: Agricultural literature State publ. (in Russ.)
17. Maksimov, V.M. (ed). (1979). *Spravochnoe rukovodstvo gidrogeologa [Reference guide hydrogeologist]*. 3rd ed. reclaiming and add. Vol. 1. Leningrad: Nedra. (in Russ.)
18. Alekin, O.A. (1970). *Osnovy gidrokhimii [Basics of hydrochemistry]*. Leningrad: Gidrometeoizdat. (in Russ.)
19. 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 Russ.)
20. 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 Russ.)

## IRRIGATION PROPERTIES OF KUCHURGAN AND BARABOI WATER RESERVOIRS

**S. M. Yurasov, V. D. Karaulov, M. H. Perchenko,  
E. O. Yudyna, N. V. Hrabko**

*Odessa State Environmental University,  
Lvivska st., 15, 65016, Odesa, Ukraine, urasen54@gmail.com*

The problem of irrigation of agricultural lands in the southern part of Ukraine, including Odesa Region, has been and still remains extremely important. The limited amount of water resources of irrigation quality forces the nation to create artificial reservoirs for water accumulation with the purpose of their further use for irrigation. Sources of reservoirs recharge in the southern part of Odesa Region usually include the Danube and the Dniester whose waters meet irrigation conditions. However, mixing the Danube or Dniester water with the water from natural reservoirs, together with the influence of local factors of water quality formation, lead to changes in water masses properties. Sasyk Reservoir is one of the examples: the water from the reservoir, when mixed with the Danube water, may be used for irrigating only light, well-permeable and drained soil, whilst the Danube water is suitable for irrigating all types of soils throughout the warm period of the year.

The article presents an overview of different methods of irrigation water assessment. It offers detailed typification of irrigation waters based on natural waters typification offered by Aliokin O.A., and includes a table for calculating the concentration of toxic hypothetical salt in water samples of different subtypes. The water quality assessment of Kuchurgan and Baraboi Reservoirs was performed according to the studied methods. It is found that the irrigation properties of their water masses significantly differ. Kuchurgan Reservoir: mineralization of water during 90% of the warm period (WP) is in the range of 1-3 g/dm<sup>3</sup>; according to the classification of Kostiakov A.M. such water faces "increased danger" of salinization (category 3); the amount of toxic salts does not exceed 2.4 g/dm<sup>3</sup>; water of subtype IIb (84% of the WP); composition of toxic salts is represented by NaCl (max 0.92 g/dm<sup>3</sup>), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (max 0.79 g/dm<sup>3</sup>) and MgSO<sub>4</sub> (max 1.5 g/dm<sup>3</sup>); the total content of chloride and sodium sulfate in the water does not exceed the standard value for watering light, well-permeable and drained soils; the magnesium content promotes salinization during 70-75% of the WP. Baraboi Reservoir: water salinity does not exceed 1 g/dm<sup>3</sup>; according to Kostiakov A.M. watering requires a "careful approach" (category 2) during 71% of the WP, and 29% of water falls into "good" category (category 1); the ratio of major ions refers to subtypes IIa (53%) and IIb (41%); according to Bezdina S.Ya. water belongs to category I (suitable for irrigation of all types of soils) with a probability of 65% during the WP and to category II (suitable for irrigation of most types of soils) – with 35% probability; the amount of magnesium adversely affects the soil during 53% of the WP.

The water masses of Kuchurgan and Baraboi Reservoirs are suitable for irrigation, but require a careful approach due to the possibility of magnesium salinization. The water of Baraboi Reservoir has the best irrigation properties and is suitable for watering most types of soils. The water of Kuchurgan Reservoir may be used only for watering light, well-permeable and drained soils.

**Key words:** irrigative assessment; water quality; Kuchurgan reservoir; Baraboi reservoir; detailed typification of irrigation waters; salinization.

## ИРРИГАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОД КУЧУРГАНСКОГО И БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

С. М. Юрасов, В. Д. Караулов, М. Г. Перченко,  
Э. А. Юдина, Н. В. Грабко

Одесский государственный экологический университет,  
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, [urasen54@gmail.com](mailto:urasen54@gmail.com)

Проблема ирригации сельхозугодий юга Украины, в том числе Одесской области, была и остается очень актуальной. Ограниченность водных ресурсов ирригационного качества заставляет создавать искусственные водоемы для накопления вод с целью их дальнейшего использования для полива. Источниками подпитки водохранилищ на юге Одесской области обычно являются Дунай и Днестр, воды которых соответствуют ирригационным кондициям. Но смешивание дунайских или днестровских вод с водами природных источников питания водохранилищ и влияние местных факторов формирования качества вод приводят к изменению свойств водных масс. Примером может служить водохранилище Сасык, воды которого после смешивания с водами Дуная пригодны для орошения только легких, хорошо проницаемых и дренированных почв. Тогда как дунайские воды подходят для полива всех типов почв в течение всего теплого периода года.

В статье предоставляется обзор различных методик ирригационной оценки вод. Предложена детальная типизация ирригационных вод на основе типизации природных вод Альокина О. А. и таблица расчета концентрации токсичных гипотетических солей в водах различных подтипов. Выполнена оценка качества вод Кучурганского и Барабойского водохранилищ по рассмотренным методикам. Получено, что ирригационные свойства вод этих водохранилищ существенно отличаются друг от друга. Кучурганское водохранилище: минерализация вод в течение 90% теплого периода (ТП) находится в диапазоне 1-3 г/дм<sup>3</sup>; по классификации Костякова А. М. это воды с «повышенной опасностью» засоления (категория 3); количество токсичных солей не превышает 2,4 г/дм<sup>3</sup>; воды подтипа Пб (84% ТП), состав токсичных солей представлен  $NaCl$  (max 0,92 г/дм<sup>3</sup>),  $Na_2SO_4$  (max 0,79 г/ дм<sup>3</sup>) и  $MgSO_4$  (max 1,5 г/дм<sup>3</sup>); суммарное содержание хлорида и сульфата натрия в воде не превышает норму для полива легких, хорошо проницаемых и дренированных почв; содержание магния способствует осолонцеванию в течение 70-75% ТП. Барабойское водохранилище: минерализация вод не превышает 1 г/дм<sup>3</sup>; по Костякову А. М. при поливе нужен «осторожный подход» (2 категория) в течение 71% ТП и в 29% – воды «хорошие» (1 категория); соотношение главных ионов относится к подтипам Па (53%) и Пб (41%); по Бездний С. Я. воды относятся к категории I (воды вполне пригодны для орошения всех типов почв) с вероятностью 65% в течение ТП и к категории II (пригодны для орошения большинства типов почв) – 35%; количество магния вредно влияет на почву в течение 53% ТП.

Воды Кучурганского и Барабойского водохранилищ пригодны для орошения, но требуют осторожного подхода в связи с возможностью магниевое осолонцевания. Воды Барабойское водохранилище имеют лучшие ирригационные свойства, они пригодны для полива большинства типов почв, воды Кучурганского – только для полива легких, хорошо проницаемых и дренированных почв.

**Ключевые слова:** ирригационная оценка; качество вод; Кучурганское водохранилище; Барабойское водохранилище; детальная типизация ирригационных вод; осолонцевание.

Подання до редакції : 17. 05. 2021  
Надходження остаточної версії : 11. 06. 2021  
Публікація статті : 30. 06. 2021