

## ІРИГАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОД І ЇХ МІНЛИВІСТЬ НА ПРИКЛАДІ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**ЮРАСОВ С.М.** – кандидат технічних наук, доцент

*orcid.org/0000-0003-4312-249X*

Одеський державний екологічний університет

**КАРАУЛОВ В.Д.** – аспірант

*orcid.org/0000-0002-0151-3196*

Одеський державний екологічний університет

**ЖИТКЕВИЧ М.Я.** – магістрант

*orcid.org/0000-0001-9783-6354*

Одеський державний екологічний університет

**Постановка проблеми.** Проблема іригації сільгоспу-гідь півдня України залишається дуже актуальною. Вона змушує приймати різні міри, у числі яких: реконструювання частини радянських іригаційних мереж [1]; утворення штучних водойм для накопичення вод з метою їх подальшого використання для поливу [2]; пошук нових джерел поливних вод; аналіз іригаційних властивостей існуючих водних об'єктів; а також розробку нових і вдосконалення існуючих методик оцінки іригаційних властивостей вод.

Протягом року властивості вод можуть дуже сильно змінюватись під впливом різних природних і антропогенних чинників. У таких умовах оцінку якості вод, у тому числі і іригаційних, доцільно виконувати з позицій ймовірності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При аналізі досліджень останніх років [3–8] встановлено, що питання по удосконаленню методики ДСТУ 2730:2015 [9] і використанню ймовірнісного підходу при оцінюванні якості іригаційних вод не розглядалися.

**Мета статті.** Метою роботи є удосконалення методики оцінки небезпеки іригаційного засолення ґрунту за показником суми токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів (ДСТУ 2730:2015) [9] та опробування запропонованої методики при оцінці мінливості іригаційних властивостей вод. В роботі використані результати гідрохімічних спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів 2010–2020 рр. на річки Сарата, Кучурганському і Барабойському водосховищах протягом теплої періоду року.

Об'єкт дослідження – склад і властивості іригаційних вод.

Предмет дослідження – оцінка якості іригаційних вод і мінливості їх властивостей.

**Матеріали і методика досліджень.** Ця стаття є продовженням досліджень, опублікованих в попередньому номері журналу «Аграрні інновації» № 16 [10]. Відповідно мети досліджень оцінка іригаційних властивостей вод в роботі виконано за удосконаленою методикою ДСТУ 2730:2015 [9] за критерієм суми токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів, інші критерії не розглядалися.

Авторами статті запропоновано детальна типізація іригаційних вод [10] на основі типізації природних вод Альокіна О. А. [11] і удосконалення методики ДСТУ 2730:2015.

У запропонованій детальній типізації іригаційних вод типи природних вод за Альокіним О.А. I, II і III [11] розбити на підтипи I, IIa, IIb, IIIa, IIIb і IIIc [10] (рис. 1).

На схемі (рис. 1) і далі по тексту індекс  $r$  перед іоном позначає, що концентрація цього іону має еквівалентний вираз (мекв/дм<sup>3</sup>).

Води типу IV [11] не розглядаються оскільки до нього належать кислі болотні, шахтні і вулканічні води, а також води, сильно забруднені промисловими стоками, які не придатні для зрошення.

Схема класифікації іригаційних вод на основі класифікації природних вод Альокіна О.А. [11] з запропонованою детальною типізацією буде мати вигляд показаний на рис. 2.

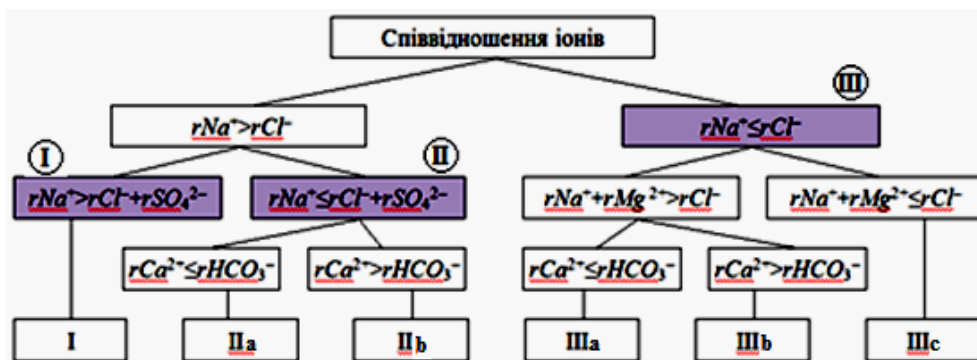


Рис. 1. Схема детальної типізації іригаційних вод [2]

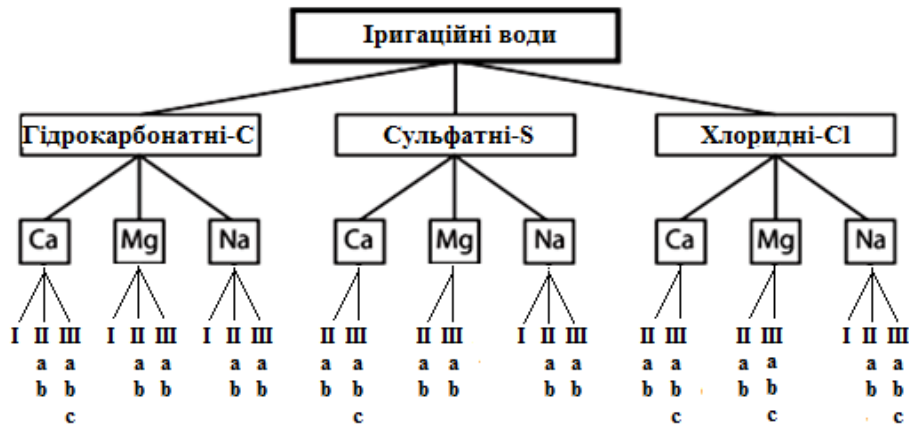


Рис. 2. Класифікація іригаційних вод на основі класифікації природних вод Альокіна О.А. (пропозиція авторів статті)

За схемою (рис. 2) видно, що гідрокарбонатні або сульфатні води магнієвої або натрієвої груп не мають підтипу IIIc ( $C_{IIIc}^{Mg}$ ,  $C_{IIIc}^{Na}$ ,  $S_{IIIc}^{Mg}$  і  $S_{IIIc}^{Na}$  не існують).

Це можна показати, використовуючи співвідношення іонів (рис.1) характерне для підтипу IIIc ( $rNa^+ + rMg^{2+} \leq rCl^-$ ) і рівність 100% суми катіонів і суми аніонів: тільки при  $rCl^- < 50\%$  з'являється ймовірність того, що або  $rHCO_3^-$ , або  $rSO_4^{2-}$ , будуть переважаючими (у протилежному випадку  $rCl^- > 50\%$  а ні  $rHCO_3^-$ , а ні  $rSO_4^{2-}$  не можуть бути переважними навіть при відсутності одного з них), але у такому випадку згідно співвідношенню IIIc сума  $rNa^+ + rMg^{2+} \leq rCl^- < 50\%$ , звідси  $rCa > 50\%$ , він є переважним. Таким чином  $C_{IIIc}^{Mg}$  і  $C_{IIIc}^{Na}$ , або  $S_{IIIc}^{Mg}$  і  $S_{IIIc}^{Na}$  мають позначення  $C_{IIIc}^{Ca}$  або  $S_{IIIc}^{Ca}$ .

За взаємним врівноваженням головних іонів відповідно [11\$ 12] для кожного підтипу вод встановлений набір гіпотетичних солей, а також наведені формули розрахунку концентрації гіпотетичних солей [10].

В ДСТУ 2730:2015 показник  $e(rCl^-)$  розраховується за формулою (1):

$$e(rCl^-) = rCl^- + 0,2(rSO_4^{2-})_T + 0,4(rHCO_3^-)_T + 5rCO_3^{2-}, \quad (1)$$

де  $rCl^-$  – кількість хлоридів;  $(rSO_4^{2-})_T$  – кількість токсичних сульфатів;  $(rHCO_3^-)_T$  – кількість токсичних

гідрокарбонатів;  $rCO_3^{2-}$  – кількість токсичних карбонатів.

Послідовність зв'язування іонів вказана в табл. 1. Іригаційний клас якості вод для різних типів ґрунтів встановлюється за табл. 2.

Запропонована детальна типізація дозволяє для кожного підтипу іригаційних вод записати формулу розрахунку показника  $e(rCl^-)$  [10]:

$$I - e(rCl^-) = rCl^- + 0,2(rSO_4^{2-}) + 0,4(rMg^{2+}) + (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+}) + 5rCO_3^{2-}; \quad (2)$$

$$IIa, IIIa - e(rCl^-) = rCl^- + 0,2(rSO_4^{2-}) + 0,4(rHCO_3^- - rCa^{2+}) + 5rCO_3^{2-}; \quad (3)$$

$$IIb, IIIb - e(rCl^-) = rCl^- + 0,2(rSO_4^{2-}) + rHCO_3^- - rCa^{2+} + 5rCO_3^{2-}; \quad (4)$$

$$IIIc - e(rCl^-) = rCl^- + 5rCO_3^{2-}. \quad (5)$$

Формули (2)–(5) одержані при умовах: іони  $Cl^-$  і  $Na^+$  вважаються токсичними завжди; іони  $Mg^{2+}$  відповідно [13] та іони  $CO_3^{2-}$  [9] теж вважаються завжди токсичними.

Коментар формули (2). Для вод підтипу I усі сульфат-іони токсичні, так як вони повністю врівноважені частиною іонів натрію (мають коефіцієнт 0,2). Частина гідрокарбонат-іонів, що врівноважена усіма іонами маг-

Таблиця 1

Схема зв'язування іонів у токсичні й нетоксичні солі [9]

Іони	$CO_3^{2-}$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$
$Ca^{2+}$	–	2	5	8
$Mg^{2+}$	–	3	6	9
$Na^+ + K^+$	1	4	7	10

Таблиця 2

Оцінювання якості зрошувальної води за небезпекою іригаційного засолення ґрунту [9]

Концентрація токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів за групами ґрунтів за їх гранулометричним складом у шарі 0–100 см, мекв/дм <sup>3</sup>						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
< 30	< 26	< 22	< 18	< 14	< 10	I
30 ÷ 40	26 ÷ 36	22 ÷ 32	18 ÷ 28	14 ÷ 24	10 ÷ 20	II
≥ 40	≥ 36	≥ 32	≥ 28	≥ 24	≥ 20	III

нію, в еквівалентах дорівнює їх кількості (коефіцієнт 0,4). Ще одна частина гідрокарбонат-іонів, що врівноважена частиною іонів натрію, дорівнює  $(rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$  і має таку ж токсичність, як і хлорид-іони (токсичність питний соди  $(NaHCO_3)$  і хлориду натрію  $(NaCl)$  тут вважається однаковою).

Якщо вважати, що питна сода має таку ж токсичність, як і сода звичайна  $(Na_2CO_3)$ , то формулу (2) слід записати так:

$$e(rCl) = rCl + 0,2(rSO_4^{2-}) + 0,4(rMg^{2+}) + 5(rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+} + rCO_3^{2-}); \quad (6)$$

Слід зазначити, що токсичність аніонів  $Cl^-$ , а також  $HCO_3^-$  і  $SO_4^{2-}$  може сильно відрізнятися в залежності від того, якими катіонами вони врівноважені. Ковда В.А. [14] токсичність солей розташовує у такій послідовності:  $Na_2CO_3 > NaHCO_3 > NaCl > CaCl_2 > Na_2SO_4 > MgCl_2 > MgSO_4$ . Звідси видно, що частина  $Cl^-$ , яка в воді врівноважена  $Na^+$  (гіпотетично створюють  $NaCl$ ) мають більшу токсичність ніж частина  $Cl^-$ , врівноважених  $Ca^{2+}$  ( $CaCl_2$ ) або  $Mg^{2+}$  ( $MgCl_2$ ).

Інформація про групу і підтип іригаційних вод дає уявлення про їх властивості за багатьма іригаційними показниками (у тому числі в ДСТУ 2730:2015): підтип вод дає можливість обрати формулу для розрахунку показника  $e(rCl)$ ; у вод підтипів I, IIa і IIIa є токсична лужність (для них характерним є співвідношення  $rHCO_3^- > rCa^{2+}$ ); у вод IIb, IIIb і IIIc токсична лужність відсутня; для натрієвих вод завжди  $(rNa^+ + rK^+) / (rNa^+ + rK^+ + rCa^{2+} + rMg^{2+}) > 34\%$

(так як тільки при  $(rNa^+ + rK^+) > 34\%$  з'являється ймовірність того, що  $(rNa^+ + rK^+)$  будуть переважними), для них завжди  $(rNa^+ + rK^+) / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) > 52\%$  і  $(rNa^+ + rK^+) / rCa^{2+} > 1$ ; для магнієвих вод завжди  $rMg^{2+} / (rCa^{2+} + rMg^{2+}) > 50\%$  і  $(rMg^{2+} - rCa^{2+}) > 0$ .

Склад і властивості вод протягом року можуть дуже сильно змінюватись, тому оцінювання якості вод доцільно виконувати з позицій ймовірності. Для цього можна за даними спостережень (якщо є така можливість) визначити параметри закону розподілу деякого показника і знайти необхідні ймовірнісні характеристики.

Ймовірність класу якості вод за показником  $e(rCl)$  для різних типів ґрунтів (табл. 3) можна визначити, використовуючи табл. 2 [9].

При цьому зручно використовувати логнормальний закон розподілу, параметрами якого є середнє ( $\check{C}$ ) та середньоквадратичне відхилення ( $\check{G}$ ) логарифмів досліджуваного ряду розрахункових даних:

$$P(x \leq C_i) = \text{ЛОГНОРМРАСП}(C_i; \check{C}; \check{G}), \quad (7)$$

де  $P(x \leq C_i)$  – ймовірність того, що значення величини  $x$  буде не більше  $C_i$ ; ЛОГНОРМРАСП() – оператор в табличному редакторі Excel;  $C_i$  – значення випадкової величини;  $\check{C}$  і  $\check{G}$  – параметри логнормального розподілу.

**Результати досліджень.** За вдосконаленою методикою виконано оцінку можливості іригаційного засолення ґрунту при використанні для поливу вод річки Сарата, а також водосховищ Кучурганське та Барабойське.

Таблиця 3

Ймовірність класу якості іригаційних вод для різних типів ґрунтів (пропозиція авторів статті)

Водний об'єкт (параметри закону розподілу $e(rCl)$ : $\check{C}$ ; $\check{G}$ )						
Ймовірність (%) класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
$P(30)$	$P(26)$	$P(22)$	$P(18)$	$P(14)$	$P(10)$	I
$P(40) - P(30)$	$P(36) - P(26)$	$P(32) - P(22)$	$P(28) - P(18)$	$P(24) - P(14)$	$P(20) - P(10)$	II
$1 - P(40)$	$1 - P(36)$	$1 - P(32)$	$1 - P(28)$	$1 - P(24)$	$1 - P(20)$	III

Таблиця 4

Параметри закону розподілу суми токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів для різних водних об'єктів в теплий період року

Параметри розподілу	Значення параметрів логнормального розподілу $e(rCl)$			
	р. Сарата (с. Білолісся, 14 км)	р. Сарата (с. Меньяйлівка, 94 км)	вдсх Кучурганське	вдсх Барабойське
$\check{C}$	3,696	2,756	2,872	0,5719
$\check{G}$	0,5153	0,4150	0,4921	0,4573

Таблиця 5

Ймовірність класу якості вод річки Сарата, с. Білолісся (14 км)

Сарата, с. Білолісся (параметри закона розподілу $e(rCl)$ : $\check{C} = 3,696$ ; $\check{G} = 0,5153$ )						
Ймовірність (%) класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
28	20	12	6	2	0	I
21	22	21	18	14	8	II
51	58	67	76	84	92	III

Таблиця 6

Ймовірність класу якості вод річки Сарата, с. Меняйлівка (94 км)

Сарата, с. Меняйлівка (параметри закона розподілу $e(rCf)$ : $\check{C} = 2,756$ ; $\check{G} = 0,4150$ )						
Ймовірність (%) класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
94	89	79	63	39	14	I
5	9	17	29	46	58	II
1	2	4	8	15	28	III

Таблиця 7

Ймовірність класу якості вод Кучурганського вдсх

Кучурганське вдсх (параметри закона розподілу $e(rCf)$ : $\check{C} = 2,872$ ; $\check{G} = 0,4921$ )						
Ймовірність (%) класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
86	79	68	52	32	12	I
9	14	21	31	41	48	II
5	7	11	17	27	40	III

Таблиця 8

Ймовірність класу якості вод Барабойського вдсх

Барабойське вдсх (параметри закона розподілу $e(rCf)$ : $\check{C} = 0,5719$ ; $\check{G} = 0,4573$ )						
Ймовірність (%) класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
100	100	100	100	100	100	I
0	0	0	0	0	0	II
0	0	0	0	0	0	III

В табл. 4 наведені параметри розподілу показника  $e(rCf)$  для згаданих водних об'єктів за теплий період року.

В табл. 5–8 розраховано ймовірність (сумарна тривалість періодів часу в долях від теплого періоду року (ТПР)) класів якості вод річки Сарата, Кучурганського та Барабойського водосховищ за показником  $e(rCf)$ .

Коментар до таблиць на прикладі табл. 5: для піщаних ґрунтів води першого класу в р. Сарата (с. Білолісся) спостерігаються з ймовірністю 28%, або для піщаних ґрунтів води річки відносяться до іригаційних вод класу I протягом 28% ТПР, до класу II і III – 21 і 51% відповідно. Сума ймовірності усіх класів вод для кожного типу ґрунту повинна складати 100%.

Річка Сарата, с. Білолісся 14 км від устя. За показником  $e(rCf)$  води Сарата в нижній її частині для піщаних і супіщаних ґрунтів відносяться до I або II класу іригаційних вод (табл. 5) протягом 40–50% ТПР. Від 50 до 90% ТПР води непридатні для зрошення (клас III) для усіх типів ґрунтів. Практично води р. Сарата (с. Білолісся) непридатні для зрошення.

Річка Сарата, с. Меняйлівка 94 км від устя. Іригаційні властивості вод річки Сарата у верхній її частині (табл. 6) за розгляданим показником значно краще ніж у нижній: для піщаних та супіщаних ґрунтів 90–95% ТПР клас I; для піщаних, супіщаних, легко- і середньосуглинкових ґрунтів I або II клас протягом 90–99% ТПР; навіть для глинистих ґрунтів I чи II клас протягом 70% ТПР.

Кучурганське водосховище (с. Градениці). За показником  $e(rCf)$  води Кучурганського вдсх (табл. 7) мають схожі іригаційні властивості та їх мінливість з водами р. Сарата (с. Меняйлівка): для піщаних та супіщаних ґрунтів води Кучурган протягом 80–85% ТПР відносяться до класу I, 85–95% ТПР – до I або II класу; для легко- і середньосуглинкових ґрунтів до класу I або II – 80–90% ТПР; для важкосуглинкових і глинистих до класу I або II – 60–75%; до класу III для глинистих ґрунтів – 40%.

Барабойське водосховище. Води Барабойського вдсх за показником  $e(rCf)$  придатні для зрошення усіх типів ґрунтів (клас I) протягом усього ТПР (табл. 8).

#### Висновки.

1. Протягом ТПР склад і властивості вод змінюються, тому при класифікації якості іригаційних вод доцільно визначати ймовірність класів якості.

2. Води річки Сарата (с. Білолісся) за показником  $e(rCf)$  практично непридатні для зрошення усіх типів ґрунтів. Навіть для піщаних ґрунтів води відносяться до класу I або II тільки протягом 50% ТПР.

3. У верхній частині р. Сарата (с. Меняйлівка) іригаційні властивості вод значно покращуються: для піщаних, супіщаних, легкосуглинкових і середньосуглинкових ґрунтів води відносяться до I або II класу протягом 90–99% ТПР; навіть для глинистих ґрунтів води відносяться до I або II класів протягом 70% ТПР. Води потребують обережний підхід при поливі більшості типів ґрунтів.

4. Води Кучурганського вдсх за розглядуваним показником схожі (але трішки гірше) з водами р. Сарата (с. Меньяйлівка): для піщаних, супіщаних, легко- і середньосуглинкових ґрунтів води відносяться I або II класу протягом 80–95% ТПР; для глинистих ґрунтів – до I або II класу протягом 60% ТПР. Ці води потребують обережний підхід при поливі легко- і середньопроникних ґрунтів.

5. За показником  $e(rCt)$  використання вод Барабойського водосховища можливе для поливу усіх типів ґрунтів протягом ТПР без обмежень.

6. Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз 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-irygaciya-pivden-ukrajiny/31165680.html>
2. Юрасов С.М., Кузьміна В.А. Іригаційна оцінка якості вод Сасыку. *Український гідрометеорологічний журнал*. № 24. Одеса : ТЕС, 2019. С. 124–133.
3. Блажко А.П. Оцінювання іригаційних властивостей поверхневих вод в межах Дністровсько-Бузького межиріччя Одеської області за агрономічними критеріями. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2017. Вип. 66. С. 134–140.
4. 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.
5. Яров Я. С. Гідрохімічний режим та екологічний стан річки Барабой. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 7. С. 200–210.
6. Яров Я.С. Оцінка якості води річки Барабой за гідрохімічними показниками. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2012. Вип. 13. С. 177–186.
7. 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.
8. 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.
9. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії / Національний стандарт України. ДСТУ 2730:2015. Київ: УкрНДНЦ. 2016. 10 с.
10. Караулов В.Д., наук. кер. Юрасов С.М. Аналіз мілливості іригаційних властивостей вод Кучурганського і Барабойського водосховищ. *Аграрні інновації*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2022. Вип. 16. С. 31–37.
11. Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометеиздат, 1970. 446 с.
12. Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд. перераб. и доп. Том. 1 / под ред. проф. В. М. Максимова. Ленинград : Недра, 1979. 512 с.
13. Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв: учебник. 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. Издание 2-е, переработанное и дополненное. Москва : Изд-во МГУ, 1970. 487 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-irygaciya-pivden-ukrajiny/31165680.html>. [in Ukrainian]
2. Yurasov, S.M. & Kuzmyna, V.A. (2019). Iryhatsiina otsinka yakosti vod Sasyku. [Irrigative assessment of water quality of Sasyk]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*. Odesa : TES. 24. pp. 124–133. [in Ukrainian]
3. Blazhko, A.P. (2017). Otsiniuvannia iryhatsiinykh vlastyvostei poverkhnevyykh vod v mezhakh Dnistrovsko-Buzkoho mezhyrichchia Odeskoi oblasti za ahronomichnymy kryteriiamy. [Evaluation of the irrigation properties of surface waters within the Dniester-Buza interfluvium of Odesa region according to agronomic criteria]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. [Bulletin of the Odessa State Academy of Construction and Architecture]*. Odesa : TES. 66. pp. 134–140. [in Ukrainian]
4. Sidorenko, F., Gutsul, T., Bogdevic, O. et al. (2020). Dovhostrokovy ekolohichni ryzyky zabrudnennia baseinu richky Dnister zastarilymy pestytsydamy. [Longterm environmental risks of pollution of the Dniester river basin by obsolete pesticides]. *Materialy mizhnarodnoi konferentsii "Intehratsiia v YeS ta upravlinnia baseinom richky Dnister"*. [Proceedings of the International Conference „EU Integration and Management of the Dniester River Basin“]. Chisinau : Eco-TIRAS. pp. 282–285. [in Ukrainian]
5. 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]*. Odesa : TES. 7. pp. 200–210. [in Ukrainian]
6. Yarov, Ya.S. (2012). Otsinka yakosti vody richky Baraboi za hidrokhimichnymy pokaznykamy. *Visnyk Odes'kogo derzhavnogo ekolohichnogo universitetu [Bulletin of Odessa state environmental university]*. Odesa : TES. 13. pp. 177–186. [in Ukrainian]
7. Kovaljova, N.V., Medinec, I.V. & Medinec, S.V. (2017). Troficheskij status vod Kuchurganskogo limana. [Trophic status of the waters of the Kuchurgan estuary]. *Materialy mezhdunarodnoj konferentsii «Integriruvannoe upravlenie transgranichnym baseinom Dnestra: platforma dlja sotrudnichestva i sovremennye vyzovy. [Materials of the international conference “Integrated management of the Dniester transboundary basin: a platform for cooperation and modern challenges”]*. Tiraspol : Eco-TIRAS. pp. 183–186. [in Russian]

8. Kasarova, L.V. et al. (2017). *Gidrohimicheskie osobennosti dvuh kontrastnykh (Dubossarskogo i Kuchurganskogo) vodohranilisch. [Hydrochemical features of two contrasting (Dubossary and Kuchurgan) reservoirs]. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Integrirovannoe upravlenie transgranichnym baseynom Dnestra: platforma dlya sotrudnichestva i sovremennye vyzovy. [Materials of the international conference "Integrated management of the Dniester transboundary basin: a platform for cooperation and modern challenges.]*. Tiraspol : Eco-TIRAS. pp. 164–166. [in Russian]
9. Iakist pryrodnoi vody dlia zroshennia. Ahronomichni kryterii. [Quality of natural water for irrigation. Agronomic criteria]. (2016). Natsionalnyi standart Ukrainy. [National standard of Ukraine], (DSTU 2730:2015). Kyiv : UkrNDNTs [in Ukrainian].
10. Karaulov, V.D. & Yurasov, S.M. (2022). Analiz minlyvosti iryhatsiinykh vlastyvoitei vod Kuchurhanskoho i Baraboiskoho vodoshkovichch. [Analysis of the variability of the irrigation properties of the waters of the Kuchurgan and Baraboy reservoirs]. *Ahrarni innovatsii. [Agrarian innovations]*. Kherson : Vydavnychiy dim «Helvetyka». 16. pp. 31–37. [in Ukrainian].
11. Alekin, O.A. (1970). *Osnovy gidrohimii [Basics of hydrochemistry]*. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian]
12. Maksimov, V.M. (ed). (1979). *Spravochnoe rukovodstvo gidrogeologa [Reference guide hydrogeologist]*. Vol. 1. Leningrad : Nedra. [in Russian]
13. Zaydelman, F.R. (2003). *Melioratsiya pochv. [Soil Reclamation]*. Moskva : Izd-vo MGU im. M.V. Lomonosova. [in Russian]
14. Arinushkina, E.V. (1970). *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Soil chemical analysis guide]*. Moskva : Izd-vo MGU im. M.V. Lomonosova. [in Russian]

**Караулов В.Д., Житкевич М.Я., Юрасов С.М. Іригаційні властивості вод і їх мінливість на прикладі водних об'єктів Одеської області**

**Мета** досліджень полягає: в удосконаленні методики оцінки небезпеки іригаційного засолення ґрунту за показником суми токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів  $e(rCf)$  (ДСТУ 2730:2015) та у випробуванні запропонованої методики при оцінці мінливості іригаційних властивостей 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.** Стаття є продовженням досліджень, опублікованих в попередньому номері журналу «Аграрні інновації» № 16. Відповідно мети досліджень оцінка іригаційних властивостей вод в роботі виконано за удосконаленою методикою ДСТУ 2730:2015 за критерієм  $e(rCf)$ , інші критерії не розглядалися.

В статті запропоновано детальна типізація іригаційних вод на основі типізації природних вод Альюкіна О. А., удосконалення методики ДСТУ 2730:2015 та ймовірнісний підхід при оцінюванні якості іригаційних вод.

За удосконаленою методикою виконано оцінку небезпеки засолення ґрунту при поливі водами річки Сарата, Кучурганського та Барабойського водосховищ. Для чого: для кожного водного об'єкту за результатами спостережень розраховані значення показника  $e(rCf)$ ;

встановлені параметри законів його розподілу; визначено ймовірність (тривалість сумарного періоду часу в частках від теплого періоду року (ТПР)) класу якості вод для різних типів ґрунтів.

Встановлено: для піщаних і супіщаних ґрунтів води річки Сарата в нижній її частині відносяться до I або II класу іригаційних вод протягом 40–50% ТПР, від 50 до 90% ТПР води непридатні для зрошення (клас III) для усіх типів ґрунтів; для піщаних та супіщаних ґрунтів води річки Сарата у верхній її частині належать до класу I протягом 90–95% ТПР, I або II клас протягом 90–99% ТПР для піщаних, супіщаних, легко- і середньосуглинкових ґрунтів; навіть для глинистих ґрунтів I чи II клас протягом 70% ТПР; води Кучурганського водосховища для піщаних та супіщаних ґрунтів протягом 80–85% ТПР відносяться до класу I, а до I або II класу – 85–95% ТПР; для легко- і середньосуглинкових ґрунтів до класу I або II – 80–90% ТПР; для важкосуглинкових і глинистих до класу I або II – 60–75%; для глинистих ґрунтів до класу III – 40%; Води Барабойського водосховища за показником  $e(rCf)$  придатні для зрошення усіх типів ґрунтів (клас I) протягом усього ТПР.

**Висновки.** Протягом ТПР склад і властивості вод змінюються, тому при класифікації якості іригаційних вод доцільно визначати ймовірність класів якості. Води річки Сарата (с. Білолісся) за показником  $e(rCf)$  практично непридатні для зрошення усіх типів ґрунтів. У верхній частині р. Сарата (с. Меньяйлівка) іригаційні властивості вод значно покращуються: для піщаних, супіщаних, легкосуглинкових і середньосуглинкових ґрунтів відносяться до I або II класу протягом 90–99% ТПР. Води потребують обережний підхід при поливі більшості типів ґрунтів. Води Кучурганського водосховища схожі (але трішки гірше) з водами р. Сарата (с. Меньяйлівка): для піщаних, супіщаних, легко- і середньосуглинкових ґрунтів I або II клас протягом 80–95% ТПР; для глинистих ґрунтів води відносяться до I або II класів протягом 60% ТПР. Ці води потребують обережний підхід при поливі легко- і середньопроникних ґрунтів. За показником  $e(rCf)$  використання вод Барабойського водосховища протягом ТПР можливе для поливу усіх типів ґрунтів без обмежень.

**Ключові слова:** іригаційна оцінка, якість вод, типізація іригаційних вод, мінливість якості, закон розподілу, ймовірність класу якості.

**Karaulov V.D., Zhitkevich M.Ya., Yurasov S.M. Irrigation properties of waters and their variability on the example of water bodies of Odesa region**

**The purpose** research consists in improving the method of assessing the danger of irrigation salinization of the soil based on the indicator of the amount of toxic salts in chloride ion equivalents (DSTU 2730:2015) and in testing the proposed method in assessing the variability of irrigation water properties.

**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 distribution of water quality indicators was performed using the methods of mathematical statistics.

**Results.** The article is a continuation of the research published in the previous issue of the journal "Agrarian Innovations" No. 16. In accordance with the purpose of the research, the evaluation of the irrigation properties of water in the work was carried out according to the improved

methodology of DSTU 2730:2015 according to the  $e(rCf)$  criterion, other criteria were not considered.

The article proposes a detailed typification of irrigation waters based on O.A. Aly-okin's typification of natural waters, improvement of the methodology of DSTU 2730:2015, and a probabilistic approach in assessing the quality of irrigation waters.

Based on the improved methodology, an assessment of the risk of soil salinization during irrigation with waters of the Sarata River, Kuchurgansky and Baraboy reservoirs was performed. For each water body, based on the results of observations, the values of the indicator  $e(rCf)$  were calculated, the parameters of the laws of its distribution were established, and the probability was determined (the duration of the total time period in fractions of the warm period of the year (WPY)) of the water quality class for different types of soils.

It was established: for sandy and loamy soils, the waters of the Sarata River in its lower part belong to the I or II class of irrigation waters for 40–50% of the WPY, from 50 to 90% of the WPY, the waters are unsuitable for irrigation (class III) for all types of soils; for sandy and sandy soils, the waters of the Sarata River in its upper part belong to class I for 90–95% of WPY, class I or II for 90–99% of WPY for sandy, sandy, light loamy and medium loamy soils; even for clay soils of the I or II class within 70% of WPY; the waters of the Kuchurgan reservoir for sandy and loamy soils during 80–85% of WPY belong to class I soils, and to class I or II – 85–95% of WPY; for light and medium loamy

soils up to class I or II – 80–90% WPY; for heavy loam and clay up to class I or II – 60–75%; for clay soils up to class III – 40%; According to the  $e(rCf)$  indicator, the waters of the Baraboy Reservoir are suitable for irrigation of all types of soils (class I) during the entire WPY.

**Conclusions.** During the TPR, the composition and properties of water change, therefore, when classifying the quality of irrigation water, it is advisable to determine the probability of quality classes. According to the  $e(rCf)$  indicator, the waters of the Sarata River (Bilolissya village) are practically unsuitable for irrigation of all types of soil. In the upper part of the Sarat River (Menyailivka village), the irrigation properties of the waters are significantly improved: for sandy, sandy loam, light loam and medium loam soils, they belong to the I or II class during 90–99% of the WPY. Water requires a careful approach when watering most types of soil. The waters of the Kuchurgan reservoir are similar (but a little worse) to the waters of the Sarat River (Menyailivka village): for sandy, loamy, light- and medium-loamy soils, I or II class during 80–95% of WPY; for clayey soils, the waters belong to I or II classes within 60% of WPY. These waters require a careful approach when watering lightly and moderately permeable soils. According to the  $e(rCf)$  indicator, the use of the waters of the Baraboy Reservoir during the WPY is possible for irrigation of all types of soils without restrictions.

**Key words:** irrigation assessment, water quality, irrigation water typification, quality variability, distribution law, quality class probability.