

## МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЯК ПОКАЗНИК ПРИДАТНОСТІ ДЛЯ ІРИГАЦІЙНИХ ЦІЛЕЙ (НА ПРИКЛАДІ ОКРЕМИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

**Т.А. Сафранов, С.М. Юрасов, А.С. Вербова**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, Одеса, 65104, Україна. E-mail: safranov@ukr.net

Метою роботи є оцінка мінералізації та іонного складу поверхневих вод окремих водних об'єктів Одеської області як показників придатності їх для використання з метою зрошення ґрунтів. За значеннями загальної мінералізації та деяких іригаційних коефіцієнтів наведена оцінка придатності вод водосховища Сасик та річок Дунай і Дністер для іригаційних цілей у теплі періоди року за даними спостережень 2007-2017 рр. У статті проведено огляд різних методів оцінки поверхневих вод для цілей іригації на підставі значень мінералізації і іригаційних коефіцієнтів. За класифікацією А.М. Костякова води водосховища Сасик відносяться до вод з «підвищеною небезпечністю» (категорія 3), за класифікацією США – до вод з «дуже високою солоністю» (внаслідок використання їх для поливу існує ризик засолення ґрунту). За класифікацією А.М. Костякова вода р. Дунай є придатною для зрошення; за класифікацією С.Я. Бездніної – відноситься до I класу, тобто цілком придатна для зрошення всіх типів ґрунтів; за класифікацією І.М. Антипова-Каратаєва і Г.М. Кадера вода для зрошення придатна; за класифікацією, прийнятою у США, за рівнем загальної мінералізації вода відноситься до середньої якості (її слід використовувати за умов помірного вилугування ґрунтів, для вирощування культур з рівнем середньої солестійкості, не вдаючись до заходів боротьби із засоленням); за середнім значенням натрій-адсорбційного відношення (*SAR – Sodium Adsorption Ratio*) вода доброї якості, з низькою небезпекою для осолонцювання ґрунтів, причому небезпека осолонцювання за Л.А. Ричардсом оцінюється також як низька. У 28,2% результатів спостережень мінералізація вод р. Дністер є придатною для зрошення, а у решті 71,8% результатів – для обережного використання з метою зрошення (за класифікацією А.М. Костякова); за класифікацією С.Я. Бездніної вода цілком придатна для зрошення всіх типів ґрунтів (71,8%) або придатна для зрошення деяких типів ґрунтів (28,2%); за значенням коефіцієнту І.М. Антипова-Каратаєва і Г.М. Кадера вода придатна для зрошення; щодо класифікації, яка прийнята у США, за загальною мінералізацією вода відноситься до середньої (використовують в умовах помірного вилугування, для культур середньої солестійкості, не застосовуючи заходів для боротьби із засоленням); за середнім значенням *SAR* (0,85) вода доброї якості, з низькою небезпекою осолонцювання ґрунтів; небезпека осолонцювання за Л.А. Ричардсом оцінюється як низька.

**Ключові слова:** поверхневі води, мінералізація, іригація, іригаційні властивості вод.

## МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ИРРИГАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ)

**Т.А. Сафранов, С.Н. Юрасов, А.С. Вербова**

Одесский государственный экологический университет

ул. Львовская, 15, Одесса, 65104, Украина. E-mail: safranov@ukr.net

Целью работы является оценка минерализации и ионного состава поверхностных вод отдельных водных объектов Одесской области как показателей пригодности их для использования в целях орошения почв. По значениям общей минерализации и некоторых ирригационных коэффициентов дана оценка пригодности вод водохранилища Сасык рек Дунай и Днестр для ирригационных целей в теплые периоды года по данным наблюдений 2007-2017 гг. В статье проведен обзор различных методов оценки поверхностных вод для целей ирригации на основании значений минерализации и ирригационных коэффициентов. По классификации А.Н. Костякова воды водохранилища Сасык относятся к водам с «повышенной опасностью» (категория 3), по классификации США – к водам с «очень высокой соленостью» (при использовании их для полива существует риск засоления почвы). По классификации А.Н. Костякова вода р. Дунай является пригодной для орошения; по классификации С.Я. Бездниной – относится к I классу, то есть вполне пригодна для орошения всех типов почв; по классификации И.Н. Антипова-Каратаева и Г.М. Кадера вода для орошения пригодна; по классификации, принятой в США, по уровню общей минерализации вода среднего качества (её следует использовать в условиях умеренного выщелачивания почв, для выращивания культур с уровнем средней солеустойчивости, не прибегая к мерам борьбы с засолением); по средним значениям *SAR* (*Sodium Adsorption Ratio*) вода хорошего качества, с низкой опасностью до осолонцевания почв, причем опасность осолонцевания по Л.А. Ричардсу оценивается также как низкая. В 28,2% результатов наблюдений минерализация вод р. Днестр является пригодной для орошения, а в остальных 71,8% результатов – для осторожного использования с целью орошения (по классификации А.Н. Костякова); по классификации С.Я. Бездниной вода вполне пригодна для орошения всех типов почв (71,8%) или пригодна для орошения некоторых типов почв (28,2%); по значению коэффициента И.М. Антипова-Каратаева и М. Кадера вода пригодна для орошения; по классификации, принятой в США, по общей минерализации вода относится к средней (используют в условиях умеренного выщелачивания, для

культур середньої солеустійчivosti, без применення мер по боротьбі з засоленням); по середньому значенню SAR (0,85) вода хорошого качества, з низькою небезпечністю осолонцевания ґрунту; небезпечність осолонцевания за Л.А. Ричардсом оцінюється як низька.

**Ключевые слова:** поверхнісні води, мінералізація, іригація, іригаційні властивості вод.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Зрошення є одним з основних напрямків водоспоживання в сільському господарстві. Незадовільна якість води може позначитися на поливних культурах і ґрунтах через накопичення солей у кореневій системі, на зниженні проникності ґрунтів внаслідок надмірного потрапляння  $Na^+$  й  $Mg^{2+}$  або в результаті переносу хвороботворних організмів чи забруднювальних речовин (ЗР), що безпосередньо є токсичною небезпечкою для рослин. ЗР із зрошувальної води можуть накопичуватися у ґрунті і перетворити його через декілька років на непридатний для виробництва сільськогосподарської продукції. З іншого боку, ЗР, що знаходяться у воді, можуть бути безпечними для культурних рослин, але вони можуть погіршити якість сільськогосподарської продукції.

Для іригаційних цілей використовують поверхневі і підземні води, а також зворотні води після очищення. Якість цих вод прийнято оцінювати за кількістю завислих речовин, мінералізацією, вмістом головних іонів, температурою тощо. Розмір твердих частинок у воді не повинен перевищувати 0,1 мм, оскільки при осіданні на дно вони замулюють іригаційну мережу. Оптимальна температура іригаційних вод – 18-20°C. Оцінку якості іригаційних вод проводять за чотирма критеріями: 1) загальна мінералізація; 2) співвідношення головних іонів (в основному,  $Na^+$  до  $Mg^{2+}$  і  $Ca^{2+}$ ); 3) концентрація токсичних елементів, які можуть негативно вплинути на сільськогосподарські рослини і в цілому, на стан довкілля; 4) концентрація поживних компонентів (іригаційні води можуть містити  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$  у значних кількостях).

Метою даної роботи є оцінка мінералізації та іонного складу поверхневих вод окремих водних об'єктів Одеської області як показників придатності їх для використання з метою іригації.

**МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** За значеннями загальної мінералізації та за іригаційними коефіцієнтами, які урахують мінералізацію природних вод, надається оцінка придатності деяких водних об'єктів одеської області (водосховище Сасик, річки Дунай і Дністер) для іригаційних цілей у теплі періоди року за даними спостережень 2007-2017 рр.

Одним із найважливіших показників хімічного складу природних вод є їх мінералізація ( $M$ ), тобто загальний вміст у воді мінеральних речовин (розчинених іонів, солей, колоїдів). Сумарний вміст усіх мінеральних речовин, виявлених при хімічному аналізі води, звичайно виражається в мг(г)/дм<sup>3</sup>.

Мінералізація природних вод визначається вмістом головних катіонів ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) та головних аніонів ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ). Часто  $K^+$  розглядають в сумі з  $Na^+$ , а  $HCO_3^-$  в сумі з  $CO_3^{2-}$ .

Використання вод з високою мінералізацією може привести до засолення ґрунтів, тобто до надмірного накопичення в родючому шарі ґрунтів солей  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$  та ін., які пригнічують або згубно впливають на культурні рослини, знижують урожай і його якість. Засолення може бути нейтральним (хлориди і сульфати натрію і магнію) і лужним (карбонати і гідрокарбонати натрію і магнію) [1].

Небезпека засолення ґрунтів, виходячи із загальної мінералізації зрошувальної води, за А.М. Костяковим [2] оцінюється таким чином: 1) до 1,0 г/дм<sup>3</sup> – придатна для зрошення; 2) від 1,0 до 1,5 г/дм<sup>3</sup> – обережне зрошення; 3) від 1,5 до 3,0 г/дм<sup>3</sup> – необхідне проведення аналізу хімічного складу солей; 4) понад 3 г/дм<sup>3</sup> – не придатна для зрошення.

Залежно від мінералізації іригаційні властивості вод характеризуються таким чином: 1) вода, у якій мінералізація не більше 0,4 г/дм<sup>3</sup>, добре підходить для поливу; 2) вода, у якій мінералізація від 0,4 до 1,0 г/дм<sup>3</sup>, потребує обережного підходу з урахуванням комплексу умов її використання (температура, співвідношення основних іонів і т. д.); 3) вода, у якій мінералізація від 1,0 до 3,0 мг/дм<sup>3</sup>, засолне ґрунт [3].

Існує також інша градація придатності води для іригаційних цілей, за ступенем загальної мінералізації: 1) до 0,4 г/дм<sup>3</sup> – добра вода, придатна для зрошення; 2) від 0,4 до 1,0 г/дм<sup>3</sup> – обмежене застосування; 3) від 1,0 до 3,0 г/дм<sup>3</sup> – підвищена небезпечність для рослин; 4) понад 3 г/дм<sup>3</sup> – вторинне засолення [4].

У США використовується така класифікація іригаційних вод за ступенем загальної мінералізації: 1)  $\leq 0,20$  г/дм<sup>3</sup> – вода низької мінералізації, придатна для зрошення більшості культур на більшості ґрунтів; 2) від 0,20 до 0,50 г/дм<sup>3</sup> – вода середньої мінералізації, яку використовують в умовах помірного вилуговування для культур середньої солестійкості, не застосовуючи заходів для боротьби з засоленням; 3) від 0,50 до 1,00 г/дм<sup>3</sup> – вода високої мінералізації, навіть при гарному дренажі можуть знадобитися заходи щодо боротьби з засоленням, культури слід вибирати з високим рівнем солестійкості; 4) від 1,00 до 3,00 г/дм<sup>3</sup> – вода дуже високої мінералізації, непридатна для зрошення в звичайних умовах, полив можливий лише при умовах високої проникності ґрунтів, дуже гарному дренажу та солестійкості сільськогосподарських культур.

Ступінь засолення ґрунтів характеризується також показником токсичності. Порогом токсичності є граничне значення вмісту солей, за якого спостерігається пригнічення росту і розвитку культурних рослин. Найбільш шкідливими для рослин є  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$  та  $CaCl_2$ . Меншу шкідливість для рослин мають  $MgSO_4$  і

$MgCl_2$ . Згідно принципу синергізму, суміші солей завжди менш токсичні, ніж їх більш чисті поєднання. В.А. Ковда [5] токсичність солей ранжує таким чином:  $Na_2CO_3 > NaHCO_3 > NaCl > CaCl_2 > Na_2SO_4 > MgCl_2 > MgSO_4$ .

Розчинені у воді солі зазвичай наявні у вигляді іонів. Однак, іноді придатність води для зрошення встановлюють за співвідношенням вмісту в ній окремих видів розчинних солей [2]. Головні іони можуть бути токсичними і нетоксичними. До токсичних відносять такі, що здатні утворювати токсичні солі. Наприклад, іони  $Cl^-$  і  $Na^+$  токсичні, інші головні іони можуть бути як токсичними, так і нетоксичними в залежності від їх взаємного урівноваження:  $Mg^{2+}$  і  $Ca^{2+}$  з  $Cl^-$  дають токсичні солі, а з  $CO_3^{2-}$  і  $HCO_3^-$  – нетоксичні;  $CO_3^{2-}$  і  $HCO_3^-$  з  $Na^+$  утворюють найтоксичніші для рослин солі [6]. Виділення токсичних іонів зручно дослідити, якщо представити мінералізацію води у вигляді суми гіпотетичних солей.

Подання мінерального складу вод у вигляді набору гіпотетичних солей не використовується на практиці, оскільки іони у воді знаходяться в незв'язному стані, і при проведенні хімічного аналізу визначають вміст іонів. Зазначимо, що в літературі досить часто згадуються ці солі [2, 7, 8, 9].

Наприклад, на необхідність аналізу хімічного складу солей для вод з мінералізацією 1,5-

3,0 мг/дм<sup>3</sup> вказував А.Н. Костяков[2]. На думку О.А. Альокіна [10], можна отримати наближене уявлення про характер солей, які надходять в ґрунт з даною водою, якщо умовно допустити, що при випаровуванні води в осад будуть випадати солі при комбінації іонів в наступній послідовності для катіонів ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ) і аніонів ( $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ) [7]. У Довідковому керівництві гідрогеолога [9] послідовність комбінування іонів інша:  $K^+ + Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ;  $Ca^{2+}$  з  $Cl^-$ ;  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-} + HCO_3^-$ . В цьому випадку результат аналізу солей, як за прямою послідовністю, так і за зворотною, буде однаковим.

В класифікації С.Я. Бездніної [11] поряд з мінералізацією вод також враховується відсоткове співвідношення іонів натрію і суми катіонів (рис.).

Класи в рамках цієї класифікації мають такі характеристики придатності води для використання у зрошенні: 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 розводженням, III<sub>6-7</sub> – потребують хімічної меліорації, III<sub>8-12</sub> – потребують розводження 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.

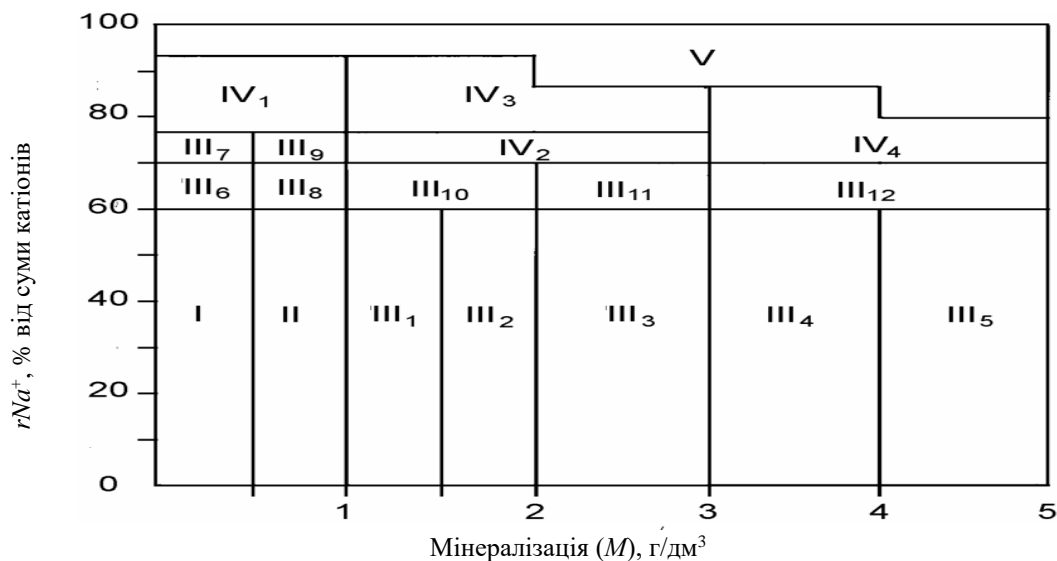


Рис. – Класифікація мінералізованих вод за ступенем їх придатності для зрошення [11]

Оцінку зрошувальних вод за рівнем небезпеки осолонцювання І.М. Антипов-Каратаєв і Г.М. Кадер [1, 4, 6, 7] запропонували виконувати за таким співвідношенням:

$$K = (Ca^{2+} + Mg^{2+}) / Na^+ \geq 0,23M, \quad (1)$$

де  $M$  – загальна мінералізація води, г/дм<sup>3</sup>;  $Ca^{2+}$ ,

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

За вказаними параметрами можна розрахувати

відношення катіонів, при яких кількість поглинення натрію досягає 10% від ємності катіонного обміну (ЄКО) ґрунту. Вважається, що критичне співвідношення катіонів  $[(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / Na^+]_{10}$ , при якому кількість поглиненого натрію досягає 10% від ємності ЄКО ґрунту  $\geq 0,23M$ . Тому, при  $K < 0,23M$  вода непридатна для зрошення ґрунтів і можуть початися процеси їх осолонцювання [7, 12].

В іригаційній практиці США та інших країн оцінку якості зрошувальної води в натрій-адсорбційному відношенні ( $SAR$  – Sodium

Adsorption Ratio) розрахувати за формулою

$$SAR = rNa^+ / [(rCa^{2+} + rMg^{2+}) / 2]^{0.5}, \quad (2)$$

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

Якщо значення  $SAR \leq 10$  – вода доброї якості (низька небезпека осолонцювання ґрунтів);  $10 < SAR \leq 18$  – вода середньої якості (середня небезпека осолонцювання ґрунтів);  $18 < SAR \leq 25$  –

вода незадовільної якості (висока небезпека осолонцювання ґрунтів);  $SAR > 25$  – вода дуже незадовільної якості (дуже висока небезпека осолонцювання ґрунтів).

Л.А.Ричардс (США) на підставі експериментальних даних показав, що при досить низькій мінералізації зрошувальних вод ( $< 1$  г/дм<sup>3</sup>) і незначній загрозі засолення ґрунтів, іригаційні води можуть бути причиною високої небезпеки їх осолонцювання (табл. 1).

Таблиця 1 – Небезпека засолення і осолонцювання ґрунтів зрошувальними водами в залежності від мінералізації і величини SAR (Л.А. Ричардс) [11]

Загальна мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	Небезпека засолення ґрунту	Небезпека осолонцювання за SAR			
		низька	середня	висока	дуже висока
< 1	низька	8 - 10	15 - 18	22 – 26	> 26
1 - 2	середня	6 - 8	12 - 15	18 - 22	> 22
2 - 3	висока	4 - 6	9 - 12	14 - 18	> 18
> 3	дуже висока	1 - 2	6 - 9	14	> 14

Досвід іригації в аридних і напіваридних зонах показує придатність зрошувальних вод з мінералізацією  $< 1$  г/дм<sup>3</sup>. Мінералізацію зрошувальних вод 0,2-0,5 г/дм<sup>3</sup> вважають доброї при відсутності в воді соди. Мінералізація зрошувальних вод 0,5-1,0 г/дм<sup>3</sup> допустима при поливі стійких до засолення культурних рослин на легких ґрунтах. Мінералізація зрошувальних вод 1,0-2,0 г/дм<sup>3</sup> небезпечна з точки зору засолення ґрунтів. Більш мінералізовані води можна використовувати лише на легких ґрунтах з низькою поглинальними властивостями [13, 14].

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.** Мінералізація вод Сасику (в теплий період року) в районі с. Трапівка (ГНС-2) складає, в середньому, 1,65 г/дм<sup>3</sup> при діапазоні коливань від 0,94 до 2,26 г/дм<sup>3</sup>. Аналіз її статистичного розподілу показав, що тільки у 5-10% від усіх розглянутих випадків вода може бути з мінералізацією  $\leq 1$  г/дм<sup>3</sup>, що відповідає 2 категорії [2]. У більшості (90-95%) випадках досліджень вміст солей знаходиться в межах  $1 < M < 3$  г/дм<sup>3</sup> та за цією класифікацією [2] води даного діапазону відносяться до вод з «підвищеною небезпечністю» (категорія 3), за класифікацією США – з «дуже високою» солоністю. При використанні вод Сасику для поливу є ризик засолення ґрунту. Завичай такі

води непридатні для зрошення, однак полив можливий за таких умов: доброї проникності ґрунтів; наявності дренажу; солестійкості культур. Для вод позначеної мінералізації (від 1 до 3 г/дм<sup>3</sup>) за рекомендацією А.М. Костякова [2] необхідний аналіз солового складу. За мінералізацією і концентрацією токсичних солей (іонів) води Сасику можна використовувати тільки для поливу легких, добре проникних та дренажних ґрунтів. Для безпечного використання вод Сасику в іригаційних цілях з звичайних умов необхідне проведення хімічної меліорації і розбавлення їх водою з низькою мінералізацією.

Дані щодо значень мінералізації і вмісту головних іонів у р. Дунай (Кілійський рукав, м. Вилково) наведені в таблиці 2.

Мінералізація води р. Дунай (в теплий період року) складає, в середньому, 0,303 г/дм<sup>3</sup>. У 100% результатів спостережень мінералізація знаходиться в діапазоні до 0,40 г/дм<sup>3</sup> (придатна для зрошення) [2, 3].

За класифікацію С.Я. Бездніної [11], яка поряд з мінералізацією враховує відсоткове співвідношення іонів натрію і суми катіонів (17%), вода р. Дунай відноситься до I класу (води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів).

Таблиця 2 – Мінералізація і іонний склад річкових вод в теплий період (р. Дунай, Кілійський рукав, м. Вилково), мг/дм<sup>3</sup>

Значення	M	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>
сер., мг/дм <sup>3</sup>	303	164	35	26,4	47,9	13,1	15,9
min, мг/дм <sup>3</sup>	256	130	28,8	17,6	35,7	8,0	5,7
max, мг/дм <sup>3</sup>	381	201	45	38,7	62,1	15,4	26,9

За І.М. Антиповим-Каратаєвим і Г.М. Кадером з ймовірністю  $p = 100\%$  коефіцієнт  $K$  (середнє

значення дорівнює 2,51) більш 0,23M (0,07), тобто вода придатна для зрошення. Згідно класифікації,

що прийнята у США, загальна мінералізація вод р. Дунай (0,303 г/дм<sup>3</sup>) відноситься до середньої з  $p = 100\%$  (такі води використовують в умовах помірного вилуговування). При цьому культури середньої солестійкості можна вирощувати, не удачаючись до заходів боротьби із засоленням). За середнім значенням SAR (0,52) вода р. Дунай

доброї якості та низького рівня небезпеки осолонцювання ґрунтів. При загальній мінералізації менш за 1 г/дм<sup>3</sup> небезпека осолонцювання за Л.А. Ричардсом [11] також оцінюється як низька.

Дані щодо значень мінералізації і вмісту головних іонів у р. Дністер (м. Біляївка) наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Мінералізація і іонний склад річкових вод в теплий період (р. Дністер, м. Біляївка), мг/дм<sup>3</sup>

Значення	<i>M</i>	<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	<i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></i>	<i>Cl<sup>-</sup></i>	<i>Ca<sup>2+</sup></i>	<i>Mg<sup>2+</sup></i>	<i>Na<sup>+</sup></i>	<i>K<sup>+</sup></i>
<i>сер.</i> , мг/дм <sup>3</sup>	452	186	112	35,3	61,7	24,2	31,1	6,0
<i>min</i> , мг/дм <sup>3</sup>	285	122	12,0	17,7	40,0	6,1	14,9	2,0
<i>max</i> , мг/дм <sup>3</sup>	704	232	275	70,9	80,0	60,7	75,0	9,0

Мінералізація води р. Дністер за теплої періоду року складає, в середньому, 0,452 г/дм<sup>3</sup>. У 28,2% випадків результатів спостережень мінералізація знаходиться в діапазоні до 0,40 г/дм<sup>3</sup>, тобто вода придатна для зрошення, а у 71,8% результатів – в діапазоні  $0,40 < M < 1,0$  г/дм<sup>3</sup> вона придатна для обережного зрошення за класифікацією А.М. Костякова [2]. За класифікацією С.Я. Бездніної [11], яка поряд з мінералізацією враховує відсоткове співвідношення іонів натрію і суми катіонів, вода р. Дністер відноситься до І класу – води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів (з ймовірністю  $p = 71,8\%$ ), та ІІ класу – води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів ( $p = 28,2\%$ ). За І.М. Антиповим-Каратаєвим і Г.М. Кадером вода р. Дністер придатна для зрошення з ймовірністю 100%. Згідно класифікації, що прийнята у США, загальна мінералізація вод р. Дністер з  $p = 71,8\%$  відноситься до середньої (такі води використовують в умовах помірного вилуговування). Культури середньої солестійкості при цьому можна вирощувати, не застосовуючи заходів для боротьби із засоленням). За значенням показника SAR (середнє значення - 0,85) вода р. Дністер доброї якості та низької небезпеки осолонцювання ґрунтів. За Л.А. Ричардсом, при загальній мінералізації менше 1 г/дм<sup>3</sup>, небезпека осолонцювання оцінюється як низька [11].

ВИСНОВКИ. В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки.

1) мінералізація і іригаційні коефіцієнти, які ураховують цей параметр, є важливими критеріями якості іригаційних вод окремих водних об'єктів Одеської області;

2) за класифікацією А.М. Костякова води водоймища Сасик відносяться до вод з «підвищеною небезпечністю» (категорія 3), за класифікацією США – з «дуже високою» солоністю (при їх використанні для поливу є ризик засолення ґрунту);

3) у 100% результатів спостережень мінералізація води р. Дунай знаходиться в діапазоні до 0,40 г/дм<sup>3</sup> (придатна для зрошення за класифікацією А.М. Костякова); за класифікацією С.Я. Бездніної вода р. Дунай відноситься до І класу (води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів); за класифікацією І.М. Антипова-Каратаєва і Г.М. Кадера вода придатна для зрошення; по класифікації, яка прийнята у США, за загальна мінералізація вод р. Дунай (0,303 г/дм<sup>3</sup>) відноситься до середньої з  $p=100\%$  (використовують в умовах помірного вилуговування, культури середньої солестійкості можна вирощувати, не застосовуючи заходів для боротьби з засоленням); за середнім значенням SAR (0,52) вода р. Дунай доброї якості та низької небезпека осолонцювання ґрунтів, а небезпека осолонцювання за Л.А. Ричардсом оцінюється теж як низька.

4) у 28,2% результатів спостережень мінералізація вод р. Дністер знаходиться в діапазоні до 0,40 г/дм<sup>3</sup> (придатна для зрошення за класифікацією А.М. Костякова), а у останніх 71,8% результатів в діапазоні  $0,40 < M < 1$  г/дм<sup>3</sup> (обережне зрошення за класифікацією А.М. Костякова); за класифікацією С.Я. Бездніної, вода р. Дністер відноситься до І класу – води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів ( $p = 71,8\%$ ) та ІІ класу – води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів ( $p = 28,2\%$ ); значення коефіцієнта І.М. Антипова-Каратаєва і Г.М. Кадера складає 1,87, тобто  $K > 0,23M=0,10$  – вода р. Дністер придатна для зрошення; по класифікації, яка прийнята у США, за загальною мінералізацією (0,303 г/дм<sup>3</sup>,  $p = 71,8\%$ ) вода р. Дністер відноситься до середньої (використовують в умовах помірного вилуговування, культури середньої солестійкості можна вирощувати, не застосовуючи заходів для боротьби з засоленням); за середнім значенням

SAR (0,85) вода р. Дністер доброї якості та низької небезпека осолонцювання ґрунтів, а небезпека осолонцювання за Л.А. Ричардсом також оцінюється як низька.

5) доцільно продовження подальших досліджень інших водних об'єктів Одеської області з метою оцінки їх іригаційних властивостей.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Слюсарев В. Н., Терпелец В. И., Швец Т. В. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Мелиоративное почвоведение». Краснодар: КубГАУ, 2014. 26 с.

2. Костяков А.Н. Основы мелиораций. М.: Государственное из-во сельскохозяйственной литературы, 1960. 189 с.
3. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка–Центр, 2001. 262 с.
4. 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.
5. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. 263 с.
6. Практикум по курсу «Мелиорация почв» / Зайдельман Ф. Р., Смирнова Л. Ф., Шваров А. П., Никифорова А. С. М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2007. 66 с.
7. Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв: М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2003. 448 с.
8. Астапов С. В. Мелиоративное почвоведение (практикум). М. : Государственное из-во сельскохозяйственной литературы, 1958. 368 с.
9. Справочное руководство гидрогеолога. Том. 1 / под ред. проф. В.М. Максимова. Л.: Недра, 1979. 512 с.
10. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. Л. Гидрометеиздат, 1970. 446 с.
11. Безднина С.Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд. РГАТУ, 2013. 171 с.
12. Антипов-Каратаев И.Н. Мелиорация солонцов в СССР. М.: АН СССР, 1953. 219 с.
13. Снеговой В.С., Гаврилица А.О. Экологические предпосылки мелиорации земель в Молдавии. Кишинев, «Штиинца», 1987, 191 с.
14. Жалалите Г.П., Желяпов В.И., Никоара И.Н. Возможность использования подземных вод для орошения в Республике Молдова. *Buletinul Institutului de Geologie și Seismologieal AȘM*. № 2. 2017. С. 5-17.