

УДК 504.4:54

ІРИГАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД САСИКУ

С. М. Юрасов, В. А. Кузьміна

Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, urasen54@gmail.com

Перетворення солоноводного лиману Сасик в прісне водосховище за рахунок його відокремлення від моря дамбою і з'єднання каналом з Дунаєм призвело до виникнення екологічних проблем. Однією з яких було те, що у перші десятиріччя іригаційні кондиції вод не були досягнуті через надходження солей з донних відкладень. Використання вод з високою мінералізацією призвело до засолення ґрунтів. В результаті Сасик перестав розглядатися як об'єкт іригаційного призначення. На теперішній час процес формування якості вод в Сасику стабілізувався, а потреба у зрошенні земель не втратила своєї актуальності.

В роботах, присвячених вирішенню екологічних проблем Сасику, іригаційні властивості вод оцінюються за середніми та максимальними значеннями показників мінералізації. Але протягом року ці властивості вод можуть суттєво змінюватися, у зв'язку з чим води можуть належати до різних іригаційних категорій (класів). Метою роботи є оцінка іригаційних властивостей вод Сасику та їх мінливості на базі даних гідрохімічних спостережень в районі с. Трапівка, ГНС-2 у теплі періоди року за 2007-2017 рр.

У статті надається огляд різних методик іригаційного оцінювання вод, запропоновано детальна типізація іригаційних вод на основі типізації вод Альокіна О. А. Виконано оцінку якості вод Сасику за розглянутими методиками. Отримано, що мінералізація вод Сасику протягом теплого періоду у 90-95% розглянутих випадків знаходиться в діапазоні 1-3 г/дм³, і тільки з ймовірністю 5-10% вона приймає значення менші ніж 1 г/дм³. Співвідношення головних іонів у воді Сасику може бути наступних підтипів: Па (30%), Пб (50%), Пв (10%) і Пг (10%). В основному мінеральний склад представлений токсичними солями *NaCl*, *Na₂SO₄*, *MgSO₄*. Їх вміст у воді не перевищує 2,0 г/дм³. Серед токсичних солей переважає *NaCl*. В звичайних умовах мінералізація вод і вміст іонів натрію та магнію в Сасику сприяють засоленню і осолонцюванню ґрунтів. Для безпечного полива водами Сасику усіх типів ґрунтів необхідна їх хімічна меліорація і розбавлення водою з малою мінералізацією. Іригаційні властивості вод Сасику (мінералізація, склад токсичних солей і їх концентрація) у теперішній час дозволяють використовувати його води для поливу легких, добре проникних та дренажних ґрунтів.

Ключові слова: іригаційна оцінка, якість вод, Сасик, детальна типізація іригаційних вод, засолення, осолонцювання

1. ВСТУП

Для поливу земель Татарбунарського та Саратського районів солоноводний лиман Сасик був перетворений в прісне водосховище: в 1978 році його відділили від моря дамбою і з'єднали каналом з Дунаєм. Водосховище було частиною Дунай-Дністровської зрошувальної системи (ДЗС). У перші десятиріччя існування водосховища Сасик проектні кондиції вод не були досягнуті перш за все тому, що мінералізація дунайської води у водосховищі збільшувалася через надходження солей, що накопичилися в донних відкладеннях солоноводного лиману за час його існування.

Процес формування якості вод в Сасику на

теперішній час (через сорок років його існування як водосховища) стабілізувався. Сьогодні проблема зрошення земель Татарбунарського та Саратського районів залишається актуальною внаслідок дефіциту поливних вод.

Екологічним проблемам Сасику присвячено багато наукових і науково-популярних робіт [1-5]. В цих роботах іригаційні властивості вод оцінюються за середніми та максимальними значеннями показників. Але протягом деяких періодів року властивості вод можуть суттєво відрізнятися одна від одної і не відповідати осередненим характеристикам як в один так і в інший бік. Протягом року води можуть відноситися до різних іригаційних категорій (класів).

Метою роботи є оцінка іригаційних власти-

востей вод Сасику і їх мінливості за даними гідрохімічних спостережень в районі с.Трапівка, ГНС-2 з 2007 по 2017 рр. у теплі періоди року.

Об'єкт дослідження – водосховище Сасик.

Предмет дослідження – оцінка мінливості іригаційних властивостей вод Сасику.

2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ІРИГАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОД

Оцінку якості іригаційних вод виконують за чотирма критеріями:

- концентрація солей;
- співвідношення іонів (в основному катіонів натрію з магнієм і кальцієм);
- концентрація токсичних елементів, які можуть негативно вплинути на сільськогосподарські рослини і в цілому на навколишнє середовище;
- концентрація біогенів.

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

Використання вод з високою мінералізацією може привести до засолення ґрунтів. Засоленням ґрунтів називають надмірне накопичення в кореневмісному шарі електролітних (розчинених або поглинутих) солей Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, $NaCl$, $CaCl_2$, Na_2SO_4 , $MgCl_2$, $MgSO_4$, які пригнічують або згубно впливають на сільськогосподарські рослини, знижують урожай і його якість. Засолення може бути нейтральним (хлориди і сульфати натрію і магнію) і лужним (карбонати і гідрокарбонати натрію і магнію) [6, с.8].

Небезпека засолення ґрунтів, виходячи із загальної мінералізації зрошувальної води, за Костяковим А.Н. оцінюється 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 г/дм^3 – не придатна для зрошення [7, с.48, 49];
- 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 г/дм^3 – вторинне засолення [8, с.51].

У США використовується така класифікація

поливних вод за солоністю (M_o , г/дм^3):

- $M_o \leq 0,20$ – вода низької солоності, придатна для зрошення більшості культур на більшості ґрунтів;

- $0,20 < M_o \leq 0,50$ – вода середньої солоності, використовують в умовах помірної 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 наступних умовах: висока проникність ґрунтів, дренаж, солестійкість культур.

Ступінь засолення ґрунтів характеризується також показником токсичності. Порогом токсичності є граничне значення вмісту солей, за якого спостерігається пригнічення росту і розвитку сільськогосподарських культур.

У таблиці 1 представлена токсичність основних солей, що зустрічаються у ґрунті і воді.

Таблиця 1 – Токсичність основних солей [6, с.9; 9, с.84; 10, с.386]

$NaCl$	Na_2SO_4	Na_2CO_3	$NaHCO_3$
$MgCl_2$	$MgSO_4$	$MgCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$
$CaCl_2$	$CaSO_4$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$

Солі, які розташовані вище ризику (табл. 1) є шкідливими для рослин. Найбільш токсичні з них сода (Na_2CO_3 , $NaHCO_3$), хлористий ($NaCl$) і сірчаноокислий (Na_2SO_4) натрій, хлористий кальцій ($CaCl_2$). Меншу токсичність мають сульфат і хлорид магнію ($MgSO_4$, $MgCl_2$). Суміші солей завжди менш токсичні, ніж їх більш чисті скупчення.

Ковда В. А. [10, с.386] токсичність солей розташовує у такій послідовності: $Na_2CO_3 > NaHCO_3 > NaCl > CaCl_2 > Na_2SO_4 > MgCl_2 > MgSO_4$.

Розчинені у воді солі зазвичай присутні у вигляді іонів. Однак, іноді придатність води для зрошення встановлюють за співвідношенням вмісту в ній окремих видів розчинних солей [7, с.49].

Головні іони можуть бути токсичними і нетоксичними. До токсичних відносять іони, здатні утворювати токсичні солі. 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^+ дають найтоксичніші для рослин солі [11, с.24]. Виділення токсичних іонів зручно виконувати, 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'язаному стані, і при хімічному аналізі визначають вміст іонів, але, в літературі досить часто згадується про ці солі [7, с.48, 49; 9, с.84; 12, с.201; 13, с.67; 14, с.389, 390].

Наприклад, на необхідність аналізу хімічного складу солей для вод з мінералізацією 1,5-3,0 мг/дм³ вказує засновник меліорації радянського періоду Костяков А. Н. [7, с.48, 49]. На думку Альокіна О. А. можна отримати наближене уявлення про характер солей, які будуть надходити в ґрунт з даної води, якщо умовно допустити, що при випаровуванні води будуть випадати солі при комбінації іонів в наступній послідовності: катіони – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ ; аніони – HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- [9, с.389, 390].

У Довідковому керівництві гідрогеолога [13, с.67] послідовність комбінування іонів зворотна: аніони – Cl^- ; SO_4^{2-} ; ($CO_3^{2-}+HCO_3^-$); катіони – (K^++Na^+); Mg^{2+} ; Ca^{2+} . Однак, результат аналізу солей за прямою послідовністю або по зворотною буде однаковим.

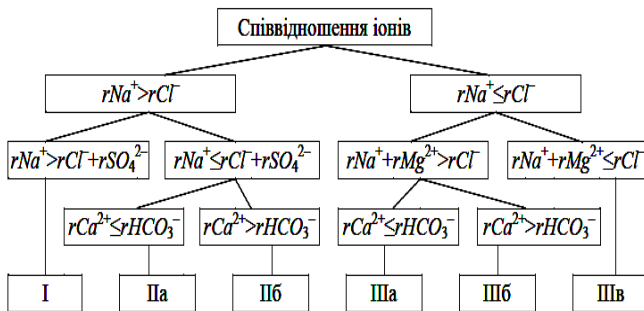


Рис. 1 - Схема детальної типізації іригаційних вод

Для потреб іригації типізацію природних вод за Альокіним О.А. [14, с.120] можна уявити більш детально, розділивши типи вод на підтипи, що відрізняються набором гіпотетичних солей, в такому порядку (рис. 1): I, IIa, IIб, IIIa, IIIб, IIIв.

Тип IV не розглядається (хоча за співвідношенням іонів він теж може бути розбитий на три підтипи) оскільки до нього належать кислі болотні, шахтні і вулканічні води, а також води, сильно забруднені промисловими стоками [14, с.121], які не придатні для зрошення.

Для вод I та II типів характерним є співвід-

ношення іонів $rNa^+ > rCl^-$, для III – $rNa^+ \leq rCl^-$, далі:

I – $rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}$;

IIa – $rNa^+ > rCl^-$ і $rNa^+ \leq rCl^- + rSO_4^{2-}$ і $rCa^{2+} \leq rHCO_3^-$;

IIб – $rNa^+ > rCl^-$ і $rNa^+ \leq rCl^- + rSO_4^{2-}$ і $rCa^{2+} > rHCO_3^-$;

IIIa – $rNa^+ \leq rCl^-$ і $rNa^+ + rMg^{2+} > rCl^-$ і $rCa^{2+} \leq rHCO_3^-$;

IIIб – $rNa^+ \leq rCl^-$ і $rNa^+ + rMg^{2+} > rCl^-$ і $rCa^{2+} > rHCO_3^-$;

IIIв – $rNa^+ + rMg^{2+} \leq rCl^-$.

За взаємним врівноваженням головних іонів у послідовності, викладеній вище, для підтипів вод можна скласти набори гіпотетичних солей (тобто оцінити токсичні іони у воді):

I – $NaCl, Na_2SO_4, NaHCO_3, Mg(HCO_3)_2, Ca(HCO_3)_2$;

IIa – $NaCl, Na_2SO_4, MgSO_4, Mg(HCO_3)_2, Ca(HCO_3)_2$;

IIб – $NaCl, Na_2SO_4, MgSO_4, CaSO_4, Ca(HCO_3)_2$;

IIIa – $NaCl, MgCl_2, MgSO_4, Mg(HCO_3)_2, Ca(HCO_3)_2$;

IIIб – $NaCl, MgCl_2, MgSO_4, CaSO_4, Ca(HCO_3)_2$;

IIIв – $NaCl, MgCl_2, CaCl_2, CaSO_4, Ca(HCO_3)_2$.

Для всіх розглянутих підтипів вод можливість утворення в ґрунті хлориду натрію ($NaCl$) і гідрокарбонату кальцію ($Ca(HCO_3)_2$) є спільною, тому при аналізі зупинимося тільки на характерних відмінностях.

За набором токсичних солей води I-го типу можуть бути самими несприятливими для іригаційних цілей, оскільки крім сульфату натрію (Na_2SO_4) вони сприяють утворенню в ґрунті питної соди ($NaHCO_3$), а за наявності карбонат-іонів (CO_3^{2-}) – звичайної соди (Na_2CO_3), з усіх солей, утворених головними іонами, самої токсичної для рослин. Ці солі викликають лужну реакцію ґрунту і його осолонцювання.

Води II-го типу відрізняються від вод I-го типу тим, що замість карбонату і гідрокарбонату натрію (Na_2CO_3 і $NaHCO_3$) в ґрунт може надійти сульфат магнію ($MgSO_4$), який в ряду токсичності солей (за Ковдою В. А.) стоїть на останньому місці.

Відмінність підтипів IIa і IIб полягає в наступному:

- з вод підтипу IIa в ґрунт крім $MgSO_4$ може надійти ще гідрокарбонат магнію ($Mg(HCO_3)_2$) – нетоксична для рослин сіль, але здатна викликати лужну реакцію ґрунтів;

- води підтипу IIб замість гідрокарбонату магнію сприяють утворенню в ґрунті іншої неток-

сичної солі – гіпсу ($CaSO_4 \times 2H_2O$), який є меліорантом солонцюватих ґрунтів.

Підтип вод IIIа в порівнянні з IIа більш сприятливий для зрошення, тому що при випаровуванні вод цього підтипу замість сульфату натрію (Na_2SO_4) в ґрунт може надійти менш токсичний хлорид магнію ($MgCl_2$). Але, у водах цього підтипу присутня велика кількість іонів магнію, надмірний вміст якого у воді сприяє осолонцюванню ґрунту.

Підтипи вод IIIа і IIIб відрізняються один від одного так само, як і підтипи вод IIа і IIб: IIIа – сприяє утворенню в ґрунті гідрокарбонату магнію ($Mg(HCO_3)_2$), а IIIб – сульфату кальцію ($CaSO_4$).

У водах підтипу IIIв на відміну від IIIб замість сульфату магнію ($MgSO_4$) з'являється більш токсична для рослин сіль – хлорид кальцію ($CaCl_2$). За ступенем несприятливості для поливу якісний склад токсичних солей вод цього підтипу можна розташувати на другому місці після вод I-го типу.

Концентрація токсичних іонів (мг-екв/дм³) в різних підтипах вод така:

- тип I – rCl^- ; rNa^+ ; rSO_4^{2-} і частина гідрокарбонат-іонів, яка врівноважена частиною іонів натрію ($r(HCO_3^-)_{Na} = (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$);

- підтип IIа – rCl^- ; rNa^+ ; rSO_4^{2-} і частина іонів магнію, яка врівноважена частиною сульфат-іонів ($r(Mg^{2+})_S = (rCl^- + rSO_4^{2-} - rNa^+)$);

- підтип IIб – rCl^- ; rNa^+ ; rMg^{2+} і частина сульфат-іонів, що врівноважена частиною іонів натрію та іонами магнію ($(rSO_4^{2-})_{Na, Mg} = (rNa^+ - rCl^- + rMg^{2+})$);

- підтип IIIа – rCl^- ; rNa^+ ; rSO_4^{2-} і частина іонів магнію, що врівноважена частиною хлорид-іонів і сульфат-іонами ($(rMg^{2+})_{Cl, S} = (rCl^- - rNa^+ + rSO_4^{2-})$);

- підтип IIIб – rCl^- ; rNa^+ ; rMg^{2+} і частина сульфат-іонів, що врівноважена частиною іонів магнію ($(rSO_4^{2-})_{Mg} = (rNa^+ + rMg^{2+} - rCl^-)$);

- підтип IIIв – rCl^- ; rNa^+ ; rMg^{2+} і частина іонів кальцію, яка врівноважена частиною хлорид-іонів ($(rCa^{2+})_{Cl} = (rCl^- - rNa^+ - rMg^{2+}) = (rCa^{2+} - rHCO_3^- - rSO_4^{2-})$).

Для перерахунку концентрації іона з еквівалентної форми (мг-екв/дм³) в вагову (мг/дм³) необхідно: значення еквівалентної концентрації іона помножити на його іонну вагу та розділити на валентність цього іона.

Слід зазначити, що до підтипів IIIа і IIIб можуть відноситися природі води від прісних до морських, до підтипу IIIв – сильно мінералізовані води.

Посохов О. В., розглядаючи типізацію природних вод Альокіна О. А., запропонував розді-

лити води типу III на два підтипи: IIIа ($rNa^+ + rMg^{2+} > rCl^-$) і IIIб ($rNa^+ + rMg^{2+} < rCl^-$) [14, с.121]. Альокін О.А. зазначає, що підтип IIIб характерний для сильно мінералізованих вод лагунного походження.

Підтип IIIб по Посохову О.В. відповідає підтипу IIIв в запропонованій детальної типізації. Природні води цього підтипу можна виключити зі списку придатних для іригації вод.

Таким чином, для потреб іригації можна розглядати п'ять підтипів вод: I; IIа; IIб; IIIа; IIIб.

Співвідношення іонів. Найбільш поширеною є оцінка якості іригаційних вод за співвідношенням іонів.

В класифікації Бездніної С.Я. [15] поряд з мінералізацією вод враховується відсоткове співвідношення іонів натрію і суми катіонів (рис. 2).

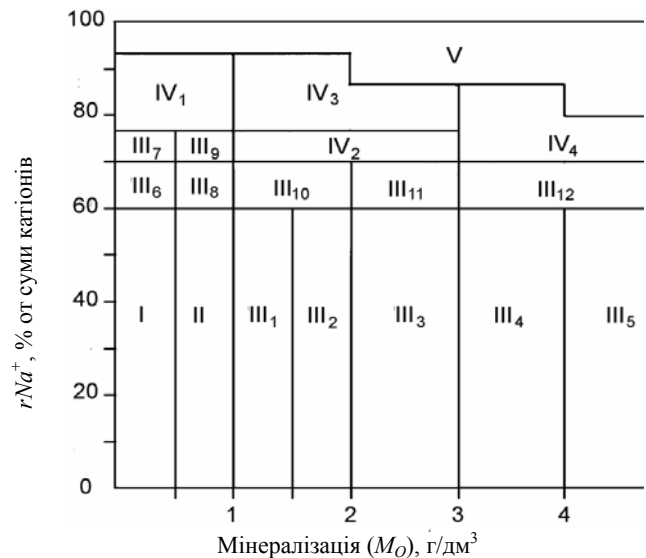


Рис. 2 – Класифікація мінералізованих вод за ступенем їх придатності для зрошення (Бездніна С.Я.)

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 (III₁₋₅ – потребують покращання розводженням, III₆₋₇ – потребують хімічної меліорації, III₈₋₁₂ – потребують розбавлення та хімічної меліорації);

IV – води умовно придатні (IV₁ – потребують хімічної меліорації, IV₂₋₄ – потребують розбавлення та хімічної меліорації);

V – води не придатні для зрошення.

Іригаційний (лужний) коефіцієнт Стеблера, чисельно дорівнює товщині шару води у дюй-

мах. При випаровуванні цього шару води в ґрунті утворюється шкідлива для більшості рослин кількість солей, розраховується за наступними формулами в залежності від типу вод [6, с.10]:

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 у цьому випадку оцінюється таким чином:

- $K_a \geq 18$ – «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.

Оцінку зрошувальних вод за небезпекою осолонцювання І. М. Антипов-Каратаєв і Г. М. Кадер [6, с.16; 8, с.50; 9, с.85; 11, с.16] запропонували виконувати за таким співвідношенням

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

де: M_o – загальна концентрація розчинних солей у воді, г/дм³;

Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ – концентрація катіонів в ммоль/дм³.

І. М. Антипов-Каратаєв і Г. М. Кадер вважають, що критичне співвідношення катіонів $[(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / Na^+]_{10}$, при якому кількість поглиненого натрію досягає 10% від ємності катіонного обміну (CKO) ґрунту, дорівнює $0,23M_o$. Тому, при $K < 0,23M_o$ вода непридатна для зрошення.

М. Ф. Буданов зазначив, що води з мінералізацією ≤ 1 г/дм³ можуть застосовуватися для зрошення при співвідношенні натрію до кальцію (K_1) не більше 1, а натрію до суми кальцію і магнію (K_2) – не більше 0,7. Для вод з мінералізацією 1-3 г/дм³ при збереженні вище зазначених умов, вводиться додатково: сума ($r\Sigma\hat{e}$) головних іонів, поділена на суму кальцію і магнію, (K_3) не повинна перевищувати: 4 – для середньо- і важ-

косуглинистих ґрунтів; 5 – для легкосуглинистих ґрунтів; 6 – для супіщаних і піщаних ґрунтів:

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

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

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

Можейко А. М. і Воротник Т. К. приймають, 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/дм³.

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. показали, що кількість rMg^{2+} у поливній воді не впливає шкідливо на ґрунт, якщо [9, с.85; 11, с.16; 16, с.18]

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

Показник адсорбційного співвідношення (SAR), розраховується за формулою Гапона (використовується для оцінки вод в США) [6, с. 16]

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

де rNa^+ , rCa^{2+} , rMg^{2+} – концентрація катіонів солей, мг-екв/дм³.

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.

Ричардс Л.А. дає небезпеку осолонцювання в залежності від загальної мінералізації та значення SAR (табл.2).

Таблиця 2 – Небезпека осолонцювання за Ричардсом Л. А. [9, с. 87]

M_o , г/дм ³	Небезпека засолення ґрунту	Небезпека осолонцювання за значенням SAR			
		мала	середня	висока	дуже висока
$M_o \leq 1$	Низька	$SAR \leq 10$	$10 < SAR \leq 18$	$18 < SAR \leq 26$	$SAR > 26$
$1 < M_o \leq 2$	Середня	$SAR \leq 8$	$8 < SAR \leq 15$	$15 < SAR \leq 22$	$SAR > 22$
$2 < M_o \leq 3$	Висока	$SAR \leq 6$	$6 < SAR \leq 12$	$12 < SAR \leq 18$	$SAR > 18$
$M_o > 3$	Дуже висока	$SAR \leq 4$	$4 < SAR \leq 9$	$9 < SAR \leq 14$	$SAR > 14$

Концентрація токсичних іонів. Для кожного виду рослин токсичними можуть бути різні речовини, крім того свою токсичність речовини можуть по різному проявляти в залежності від способу поливу.

У таблиці 3 наводиться характеристика якості поливних вод при різних способах поливу в залежності від концентрації іонів Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , B_3^+ і NO_3^- .

Таблиця 3 – Токсичність іонів для сільськогосподарських культур при поверхневих поливах та дощуванні

Іон	Спосіб поливу	Якість вод		
		Добрі	Середні	Погані
Na^+ , моль/дм ³	Поверхневий	≤3	>3 ÷ ≤9	>9
	Дощування	≤3		>3
Cl^- , моль/дм ³	Поверхневий	≤4	>4 ÷ ≤10	>10
	Дощування	≤3		>3
HCO_3^- , моль/дм ³	Дощування	≤1,5	>1,5 ÷ ≤8,5	>8,5
B_3^+ , мг/дм ³	Будь-який	≤0,7	>0,7 ÷ ≤2,9	>2,9
NO_3^- , мг/дм ³	Будь-який	≤5	>5 ÷ ≤30	>30

Підвищений вміст у поливних водах токсичних іонів може привести до їх накопичення у листі, викликати опік рослин (це може проявитися при дощуванні в денний час). У таблиці 3 наводиться характеристика якості поливних вод при різних способах поливу в залежності від концентрації іонів Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , B_3^+ і NO_3^- .

Загалом при оцінці токсичності окремих іонів враховують вміст у водах бору (B_3^+), натрію (Na^+), хлоридів (Cl^-), важких металів (As^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}), нітратів (NO_3^-), загальну лужність (HCO_3^-) і рН.

При екологічній оцінці якості поливних вод [17] враховують вміст BCK_5 , фенолів, ціанідів, нафти і детергентів (табл. 4).

Таблиця 4 – Гранично допустимі концентрації BCK_5 , фенолів, ціанідів, нафти, нафтопродуктів та детергентів у зрошувальній воді

Найменування речовини	ГДК у зрошувальній воді, мг/дм ³
BCK_5	10,0
Феноли	0,005
Ціаніди	0,05
Нафта багатосірчана	0,2
Нафта інша та НП	0,3
Детергенти	0,1

3. ТРИГАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД ВОДОСХОВИЩА САСИК І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для оцінки якості вод водосховища Сасик використані результати статистичної обробки вихідних даних в створі с. Трапівка, ГНС-2 за період 2007-2017 рр.

Мінералізація вод Сасику в теплий період (ТП) в середньому складає 1,65 г/дм³ при діапазоні коливань від 0,94 до 2,26 г/дм³. Її статисти-

чний розподіл показаний на рис. 3, з якого видно, що тільки у 5-10% від усіх розглянутих випадків вода може бути з мінералізацією ≤ 1 г/дм³ (2 категорія за Костяковим А. М.).

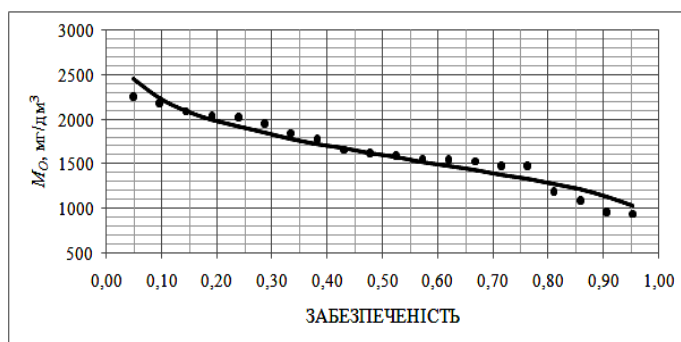


Рис. 3 – Статистичний розподіл мінералізації вод Сасику: маркер коло – емпіричний розподіл; суцільна лінія - логно-нормальний закон розподілу з параметрами $\bar{C} = 7,376$ і $\bar{G} = 0,2573$, де \bar{C} і \bar{G} – середнє і середньоквадратичне відхилення логарифмованого ряду спостережень

У 90-95% результатів спостережень вміст солей знаходиться в діапазоні $1 < M_0 < 3$ г/дм³. За класифікацією Костякова А.М. води цього 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. В звичайних умовах такі води непридатні для зрошення, однак полив можливий за таких умов: доброї проникності ґрунтів; наявності дренажу; солестійкості культур.

Для вод позначеної мінералізації ($1 < M_0 < 3$ г/дм³) за рекомендацією Костякова А.М. [7, с.48, 49] необхідний аналіз сольового складу.

За класифікацією Альокіна О.А. [14, с.120] води Сасику протягом ТП належать до хлоридного класу, групи натрію з ймовірністю 85-90%.

У відповідності із запропонованою детальною типізацією води Сасику в середньому відносяться до підтипу Пб, але умови формування їх якості такі, що протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: Па (30%), Пб (50%), ПШб (10%) і ПШв (10%). Якщо включити в розгляд ще й холодний період, то розподіл підтипів вод у Сасику буде дещо іншим: Па (29%), Пб (42%), ПШа (5%), ПШб (19%) і ПШв (5%). Тобто зустрічаються усі підтипи вод крім І. Така різноманітність співвідношення головних іонів свідчить про те, що на формування якості вод Сасику впливає велика кількість факторів, серед яких протягом року то одні, то інші стають переважними.

Підтип Пб, до якого відносяться води Сасику з емпіричною ймовірністю появи протягом ТП 50%, сприяє утворенню в ґрунті токсичних солей $NaCl$, Na_2SO_4 і $MgSO_4$, а також нетоксичного гіпсу $CaSO_4 \times 2H_2O$, який є меліорантом солонцюватих ґрунтів.

Підтип Пб з ймовірністю появи 10%, сприяє утворенню $NaCl$, $MgCl_2$, $MgSO_4$ і теж $CaSO_4 \times 2H_2O$. За Ковдою В.А. сіль $MgCl_2$ менш токсична ніж Na_2SO_4 .

Підтип Па має ймовірність появи 30%. Токсичні солі утворюються так само, як і при Пб, але замість гіпсу тут з'являється нетоксична сіль $Mg(HCO_3)_2$, яка здатна викликати лужну реакцію ґрунту.

Мінералізація вод Сасику підтипу Пв (з ймовірністю 10%) є найменшою з усього ряду спостережень і складає 0,94-0,96 г/дм³, що не є характерним для вод цього підтипу (див. вище Посохов О. В.). Результати цих спостережень не можна вважати помилковими – вони не вийшли за межі інтервалу $\pm 3\sigma$ при аналізі ряду на однорідність.

У підтипі Пв на відміну від Пб замість $MgSO_4$ з'являється більш токсична сіль $CaCl_2$, яка за Ковдою В. М. стоїть одразу після $NaCl$, але за класифікацією Костякова А.М. води з такою мінералізацією мають характеристику «обережне застосування» (категорія 2).

Води підтипу Пв також як і Пб містять гіпс.

Таким чином, протягом ТП з ймовірністю 70% води Сасику сприяють утворенню в ґрунті гіпсу, який перешкоджає утворенню соди. Кількість взаємно врівноважених іонів Ca^{2+} і SO_4^{2-} складає в середньому 0,10 г/дм³ (при максимумі 0,43 г/дм³).

Загальна концентрація токсичних солей (іонів) в водах Сасику дорівнює 1,31 г/дм³ (при діапазоні – 0,55÷1,98 г/дм³). Тобто, мінеральний склад вод Сасику представлений в основному токсичними іонами (солями).

Серед гіпотетичних солей переважає $NaCl$ з середньою концентрацією 0,84 г/дм³ (до 1,34 г/дм³). Ця сіль за ступенем токсичності відповідає питній соді $NaHCO_3$. Крім того протягом 80 і 90% ТП (відповідно) присутні менш токсичні солі: Na_2SO_4 у середньої кількості 0,14 г/дм³ (до 0,41 г/дм³) і $MgSO_4$ – 0,38 г/дм³ (до 0,54 г/дм³).

Якщо у воді з мінералізацією 1,5-3,0 г/дм³ переважає $NaCl$ або Na_2SO_4 , то її можна використовувати для поливу тільки на легких або дренажних ґрунтах [7, с.49]. У цьому ж джерелі відзначається, що для добре проникних ґрунтів допустима концентрація токсичних солей повинна

бути: $NaCl < 2,0$ г/дм³; $Na_2SO_4 < 5,0$ г/дм³. При одночасній присутності цих солей межі зменшуються.

Води Сасику відповідають таким умовам: протягом ТП переважає $NaCl$, а концентрація суміші токсичних солей не перевищує 2,0 г/дм³.

При випаровуванні шару води 10 мм на зрошуваній площі 1 га може утворитися в середньому 131 кг/га (до 198 кг/га) токсичних солей, з яких: 84 кг/га (до 134 кг/га) буде $NaCl$; 14 кг/га (до 41 кг/га) – Na_2SO_4 ; 38 кг/га (до 54 кг/га) – $MgSO_4$.

Загальна мінералізація і вміст токсичних солей у водах Сасику дозволяють використовувати їх для поливу добре проникних, дренажних ґрунтів.

За класифікацією Бездніної С. Я. води Сасику відносяться до категорії III. Води цієї категорії можуть використовуватися для поливу після хімічної меліорації і розбавлення водою з малою мінералізацією.

У 90% випадків протягом ТП за класифікацією Стеблера Х. води незадовільні, обмежено придатні для зрошення солестійких культур. Небезпека осолонцювання за Антиповим-Каратаєвим І.Н. і Кадером Г.М. – води «не придатні» - установлена у 70% випадків, за Будановим А.М. – води «не придатні» у 90%, за Можейко А.М. і Воротником Т.К. – води «дуже несприятливі» - у 65% і «несприятливі» у 22%. За показником SAR департаменту сільського господарства США – небезпека осолонцювання «низька» (96% випадків), що не співпадає з оцінкою за іншими методиками.

Протягом ТП кількість магнію у воді Сасику за Собољчем Г. і Дарабом К. шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) з ймовірністю 75%. За Келлі і Лібіхом використання вод Сасику для поливу не можливе за вмістом натрію і магнію у 95%.

4. ВИСНОВКИ

1. Мінералізація вод Сасику в середньому складає 1,65 г/дм³, досягаючи максимуму 2,26 г/дм³. Протягом ТП з ймовірністю 90-95% мінералізація вод знаходиться в діапазоні 1-3 г/дм³, і тільки з ймовірністю 5-10% вона менше 1 г/дм³. В основному мінеральний склад представлений токсичними солями (іонами). Їх вміст у воді дорівнює в середньому 1,31 г/дм³ з максимумом 1,98 г/дм³.

2. Набір гіпотетичних токсичних солей представлений: $NaCl$ (в водах присутня протягом усього ТП), Na_2SO_4 (80%), $MgSO_4$ (90%), $MgCl_2$

(20%) і CaCl_2 (10%). Серед токсичних солей переважає NaCl : середня концентрація складає $0,84 \text{ г/дм}^3$ (з максимумом $1,34 \text{ г/дм}^3$). За нею йде MgSO_4 – $0,38 \text{ г/дм}^3$ ($0,54 \text{ г/дм}^3$) і Na_2SO_4 – $0,14 \text{ г/дм}^3$ ($0,41 \text{ г/дм}^3$).

3. Протягом ТП з ймовірністю 70% води Сасику відносяться до підтипів Пб, Шб і Шв. Спільним для вод цих підтипів є те, що вони містять гіпс, який є меліорантом солонцюватих ґрунтів. Середня концентрація гіпсу складає $0,10 \text{ г/дм}^3$ (до $0,43 \text{ г/дм}^3$).

4. Протягом року в Сасику можуть утворюватися води п'яти підтипів (Па-Шв), що свідчить про різноманітність переважаючих факторів формування якості вод в різні сезони.

5. У звичайних умовах води Сасику непридатні для зрошення: за мінералізацією – з ймовірністю 90-95% вони відносяться до категорії 3 з характеристикою «підвищено небезпечно». При їх використанні є небезпека засолення ґрунту. З ймовірністю 5-10% води відносяться до категорії 2 з характеристикою «обмежене застосування». Вміст натрію і магнію створює небезпеку осолонцювання ґрунту.

6. За мінералізацією і концентрацією токсичних солей (іонів) води Сасику можна використовувати тільки для поливу легких, добре проникних та дренажних ґрунтів.

7. Для безпечного використання вод Сасику для поливу у звичайних умовах необхідна їх хімічна меліорація і розбавлення водою з малою мінералізацією.

8. Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз іригаційних властивостей інших водних об'єктів Одеської області.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Лазовіцький П. С. Гідрологічний режим та оцінювання якості вод озера-водосховища Сасик у часі. *Часопис картографії: Збірник наукових праць* / Інститут водних проблем і меліорації. Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2013. С. 146-169.
- 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.
- Розробка соціально-економічного та екологічного обґрунтування відновлення гідрологічного режиму озера Сасик. Звіт про НДР (заключний). ДР 11/1180/19/2 / наук. керів. О. Г. Васенко; Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УкрНДІЕП). Харків, 2004. 114 с.
- Тимченко В. М., Іванова Н. О. Еколого-гідрологічний погляд на проблеми лиману Сасик. *Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 12-14 вересня 2012 р. Одеса. 2012. С. 147-150.
- Іванова Н. О. Цвітіння води в Сасикському водосховищі. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Т. 2(19). С. 185-191.
- Слюсарев В. Н., Терпелец В. И., Швец Т. В. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Мелиоративное почвоведение». Краснодар : КубГАУ, 2014. 26 с.
- Костяков А. Н. Основы мелиораций. Москва : Государственное из-во сельскохозяйственной литературы, 1960. 189 с.
- 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.
- Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв: учебник – 3-е изд. испр. и доп. Москва : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2003. 448 с.
- Ариушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Издание 2-е, переработанное и дополненное. Москва : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
- 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.
- Астапов С. В. Мелиоративное почвоведение (практикум). Издание второе, переработанное и дополненное. Москва : Гос. издат. сельхоз. лит., 1958. 368 с.
- Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд. перераб. и доп. Том.1 / под ред. проф. В. М. Максимова. Ленинград : Недра, 1979. 512 с.
- Алехин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометеоздат, 1970. 446 с.
- Безднина С. Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд. РГАТУ, 2013. 171 с.
- Атдаев С., Акмамедов Б. Качество воды главного коллектора туркменского озера «Алтын Асыр». *Международный научно-практический журнал*. 2012. № 3-4. С. 18-19.
- ВНД 33-5.5-02-97. Якість води для зрошення: Екологічні критерії. Харків: Державний комітет України по водному господарству. 1998. 14 с.

REFERENCES

- Lazovitskii, P.S. (2013). Hidrolohichniy rezhym ta otsiniuvannya yakosti vod ozera-vodoskhovyshcha Sasyk u chasi [Hydrological regime and water quality assessment of Lake Sasyk reservoir in time]. *Chasopys kartohrafiy: Zbirnyk naukovykh prats* [Cartography magazine: Collection of scientific works]. Institute of water problems and land reclamation. Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, pp. 146-169 (in Ukr.)
- 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.)
- Vasenko, O.H. (Scient. chief). (2004). Rozrobka sotsialno-ekonomichnoho ta ekolohichnoho obgruntuвання vidnovlennia hidrolohichnoho rezhymu ozera Sasyk. *Zvit*

- pro NDR (zakliuchnyi). DR 11/1180/19/2/ [Development of socio-economic and environmental justification for the restoration of the hydrologic regime of Lake Sasyk. Research report (final). SR 11/1180/19/2/]. Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems (USRIEP). Kharkiv. (in Ukr.)
4. Tymchenko, V.M. & Ivanova, N.O. (2012). Ekolohohidrolohichni pohliad na problemy lymanu Sasyk. [Ecological-hydrological view on the problems of the estuary Sasyk]. *Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktaktychnoi konferentsii "Lymany pivnichno-zakhidnoho Prychornomorja: aktualni hidroekolohichni problemy ta shliakhy yikh vyrishennia"* [Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Estuaries of the north-western Black Sea: actual hydroecological problems and ways of their solution"], September 12-14, 2012. Odesa, pp. 147-150. (in Ukr.)
 5. Ivanova, N.O. (2010). Tsvitinnia vody v Sasykskomu vodokhovyshchi [Flowering water in the Sasykian reservoir]. *Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekolohii* [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology], 2(19), pp. 185-191. (in Ukr.)
 6. 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.)
 7. Kostyakov, A.N. (1960). *Osnovy melioratsii* [Basics of land reclamation]. Moscow: State of Agricultural Literature. (in Russ.)
 8. 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). (in Russ.)
 9. 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.)
 10. 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.)
 11. Zaydelman, F.R., Smirnova, L.F., Shvarov, A.P. & Nikiforova, A.S. (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.)
 12. Astapov, S.V. (1958). *Meliorativnoye pochvovedenie (praktikum)* [Meliorative soil science (practical)]. 2d ed., revised and updated. Moscow: Agricultural literature State publ. (in Russ.)
 13. Maksimov, V.M. (ed). (1979). *Spravochnoe rukovodstvo gidrogeologa* [Reference guide hydrogeologist]. 3rd ed. reclaiming and add. Vol. 1. Leningrad: Nedra. (in Russ.)
 14. Alekin, O.A. (1970). *Osnovy gidrokhimii* [Basics of hydrochemistry]. Leningrad: Gidrometeoizdat. (in Russ.)
 15. 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.)
 16. Atdaev, S. & Akmamedov, B. (2012). Kachestvo vody glavnogo kollektora turkmenskogo ozera «Altyn Asyr» [Water quality of the main collector of the Turkmen lake "Altyn Asyr"]. *International scientific and practical journal*, 3-4, pp. 18-19. (in Russ.)
 17. State Committee of Ukraine for Water Management. (1998). *VND 33-5.5-02-97 Yakist vody dlia zroshennia: Ekolohichni kryterii* [Water quality for irrigation: Environmental criteria]. Kharkiv (in Ukr.)

IRRIGATIVE ASSESSMENT OF SASYK WATER QUALITY

S.M. Urasov, V.A. Kuzmyna

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

The transformation of the salt-water liman Sasyk into a fresh water reservoir through its separation from the sea by a dam and connection with the Danube by a canal caused certain ecological problems. One of them was that during the first decades the expected water irrigation conditions were not achieved because of salt infiltration from the bottom sediments. Use of high-salinity water led to soil salinization. As a result, Sasyk ceased to be considered as an object for irrigation purposes. At present, the process of Sasyk water quality formation stabilized and the need for land irrigation is still of great importance.

The authors of the researches devoted to solving the environmental problems of Sasyk classify the irrigation properties of water as average and maximum values of mineralization. However, these properties can change significantly over the year and therefore the water may belong to different irrigation categories (classes). The purpose of this study is to evaluate the irrigation properties of Sasyk water and their variability based on the hydrochemical observations conducted near the village of Trapivka, at base pumping station GNS-2 during warm periods of a year from 2007 to 2017.

The article presents an overview of different methods of irrigative water assessment and a detailed typification of the irrigative water using the water typification suggested by Aliokin O.A. The research includes the evaluation of the Sasyk water quality as per the studied methods. The authors discovered the fact that mineralization of Sasyk water during a warm period is within the

1-3 g/dm³ range in 90-95% of cases under study and only in 5-10% of those its value is less than 1 g/dm³. The ratio of main ions in Sasyk water may be of the following subtypes: IIa (30%), IIb (50%), IIIb (10%) and IIIc (10%). The mineral composition is mainly represented by the toxic salts such as *NaCl*, *Na₂SO₄*, *MgSO₄*. Their content in the water does not exceed 2.0 g/dm³. Among the toxic salts NaCl is the one that prevails. Under normal conditions the mineralization of the water and the content of sodium and magnesium ions in Sasyk contribute to salinization and soil alkalization. To provide safe irrigation of all types of soil using the water from Sasyk its chemical melioration and dilution with low-mineralized water is required. At present, the irrigative properties of Sasyk water (mineralization, composition of toxic salts and their concentration) allow its use of for irrigation of light, permeant and drained soils.

Key words: irrigative assessment, water quality, Sasyk, detailed typification of irrigative water, salinization, alkalization.

ИРРИГАЦИОННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД САСЫКА

С.М. Юрасов, В.А. Кузьмина

Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, urasen54@gmail.com

Преобразование солонowodного лимана Сасык в пресное водохранилище за счет его отделения от моря дамбой и соединения каналом с Дунаем привело к возникновению экологических проблем. Одной из которых было то, что в первые десятилетия ирригационные кондиции вод не были достигнуты из-за поступления солей из донных отложений. Использование вод с высокой минерализацией привело к засолению почв. В результате Сасык перестал рассматриваться как объект ирригационного назначения. На сегодня процесс формирования качества вод в Сасыке стабилизировался, а потребность в орошении земель не утратила своей актуальности.

В работах, посвященных решению экологических проблем Сасыка, ирригационные свойства вод оцениваются по средним и максимальным значениям показателей минерализации. Но на протяжении года эти свойства вод могут существенно изменяться, в связи с этим воды могут относиться к разным ирригационным категориям (классам). Целью работы является оценка ирригационных свойств вод Сасыка и их изменчивости на базе данных гидрохимических наблюдений в районе с.Траповка, ГНС-2 в тёплые периоды года с 2007 по 2017 гг.

В статье приводится обзор разных методик ирригационной оценки вод, предложена детальная типизация ирригационных вод на основе типизации вод Алекина О. А. Выполнена оценка качества вод Сасыка по рассмотренным методиками. Получено, что минерализация вод Сасыка на протяжении тёплого периода в 90-95% рассмотренных случаев находится в диапазоне 1-3 г/дм³, и только с вероятностью 5-10% она принимает значения меньше 1 г/дм³. Соотношения основных ионов в воде Сасыка может быть следующих подтипов: IIa (30%), IIb (50%), IIIb (10%) и IIIc (10%). В основном минеральный состав представлен токсическими солями *NaCl*, *Na₂SO₄*, *MgSO₄*. Их содержание в воде не превышает 2,0 г/дм³. Среди токсических солей преобладает *NaCl*. В обычных условиях минерализация вод и содержание ионов натрия и магния в Сасыке благоприятствуют засолению и осолонцеванию почв. Для безопасного полива водами Сасыка всех типов почв необходима их химическая мелиорация и разбавление водой с малой минерализацией. Ирригационные свойства вод Сасыка (минерализация, состав токсических солей и их концентрация) в настоящее время позволяют использовать эти воды для полива легких, хорошо проницаемых и дренированных почв.

Ключевые слова: ирригационная оценка, качество вод, Сасык, детальная типизация ирригационных вод, засоление, осолонцевание.

Подання до редакції : 19. 02. 2019
Надходження остаточної версії : 14. 07. 2019
Публікація статті : 28. 11. 2019