

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний  
Кафедра екології та охорони довкілля

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**  
на тему: «Еколого-іригаційні властивості вод Барабойського водосховища  
(Одеська область)»

Виконала студентка 2 курсу групи МЕБ-20  
спеціальності 101 – Екологія  
Юдіна Єлизавета Олександрівна

Керівник к.т.н., доцент  
Юрасов Сергій Миколайович

Рецензент д.геогр.н., професор  
Лобода Наталія Степанівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний  
Кафедра екології та охорони довкілля  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 101-Екологія  
Освітньо-наукова програма Екологічна безпека  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

«14» березня 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
на кваліфікаційну роботу магістра

Юдіної Єлизавети Олександрівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Еколого-іригаційні властивості вод Барабойського водосховища (Одеська область)»

Керівник роботи Юрасов Сергій Миколайович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від ”02” березня 2022 року № 27“С”

2. Строк подання студентом роботи «10» травня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: дані спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів, нормативна та технічна література з питань охорони довкілля

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Фізико-географічна характеристика району розташування Барабойського водосховища;

2. Характеристика Барабойського водосховища;

3. Загальні принципи оцінки іригаційних властивостей вод;

4. Детальна типізація іригаційних вод;

5. Оцінка іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища;

6. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Карта Одеської області;

2. Карта Біляївського району;

3. Барабойське водосховище;
4. Річка Барабой;
5. Схеми типизації вод Альокіна і Хільчевського;
6. Схема типизації іригаційних вод;
7. Розподіл мінералізації вод;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання «14» березня 2022 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Фізико-географічна характеристика району розташування Барабойського водосховища. Характеристика водосховища.</i>	14.03.2021-20.03.2021	85	4 (добре)
2	<i>Загальні принципи оцінки іригаційних властивостей вод. Детальна типізація іригаційних вод</i>	21.03.2021-31.03.2021	85	4 (добре)
3	<i>Розрахунки іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища за різними методиками.</i>	01.04.2021-10.04.2021	85	4 (добре)
	<b><i>Рубіжна атестація</i></b>	<b>11.04.2021-16.04.2021</b>	<b>85</b>	<b>4 (добре)</b>
4	<i>Аналіз часової мінливості іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища. Висновки..</i>	17.04.2021-29.04.2021	85	4 (добре)
5	<i>Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків, переліку посилань та списку публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра</i>	30.04.2021-09.05.2021-	85	4 (добре)
6	<i>Подання роботи керівникові на перевірку. Внесення коректив. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності і відсутності ознак плагіату. Оформлення керівником протоколу та висновку. Підготовка презентаційного матеріалу і доповіді до захисту. Укладення авторського договору.</i>	10.05.2021-17.05.2021-	85	4 (добре)
7	<i>Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для отримання допуску до захисту. Рецензування роботи.</i>	18.05.22-22.05.22	85	4 (добре)
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		85,0	В (добре)

Студент

Юдіна Е.О.

Керівник роботи

Юрасов С.М.

## АНОТАЦІЯ

### **Юдіна Е.О. Еколого-іригаційні властивості вод Барабойського водосховища (Одеська область)**

*Актуальність теми дослідження.* Проблема поливу сільгоспугідь півдня України у тому числі Одеської області була і залишається дуже актуальною. Обмеженість водних ресурсів іригаційної якості змушує утворювати штучні водойми для накопичення вод з метою їх подальшого використання для поливу. Джерелами підживлення водосховищ на півдні Одеської області як правило є Дунай і Дністер, води яких відповідають іригаційним кондиціям. Але, змішування дунайських або дністровських вод з водами природних джерел живлення водосховищ і вплив місцевих чинників формування якості вод приводять до зміни властивостей водних мас.

Барабойське водосховища має природні і штучні джерела живлення. Для нього природним джерелом є річка з відповідною назвою, а штучне підживлення відбувається за рахунок вод р. Дністер. У такому зв'язку цікавим стає питання: яки іригаційні властивості мають води згаданого водосховища, і як ці властивості змінюються протягом теплого періоду.

*Мета.* Оцінка іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища і їх мінливості протягом теплого періоду року.

*Задачі дослідження:* виконати аналіз існуючих методик оцінки іригаційних властивостей вод; розрахувати показники іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища за даними термінових спостережень, виконати аналіз часової мінливості цих показників; скласти висновки.

*Об'єкт дослідження* – якість вод Барабойського водосховища.

*Предмет дослідження* – оцінка мінливості іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища.

*Методи дослідження.* При виконанні дослідження використовувалися методи математичної статистики та порівняльного аналізу інформації.

*Наукова новизна.* Елементи наукової новизни полягають у встановленні часової мінливості показників іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища. Зроблено спроба вдосконалення методики оцінки небезпеки іригаційного засолення ґрунту.

*Результати дослідження.* Протягом теплого періоду мінералізація вод Барабойського водосховища в середньому складає  $507 \text{ мг/дм}^3$  при діапазоні від  $327$  до  $896 \text{ мг/дм}^3$ . В середньому води відносяться до підтипу Іа, але умови формування їх якості такі, що протягом ТП вони можуть бути: Іа (53%), Іб (41%) і ІІб (6%). За класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 71% протягом ТП води відносяться до 2 класу – потребують «обережний підхід», 29% ТП до 1 класу – «добри»; за класифікацією США (35%) – з «високою» солоністю і 65% ТП з «середньою» солоністю. При використанні для поливу вод Барабойського водосховища є ризик засолення ґрунту, але він низкий. За класифікацією Бездніної С.Я. води Барабойського водосховища відносяться до категорії І (води

цілком придатні для зрошення усіх типів ґрунтів) з ймовірністю 65% протягом ТП і до категорії II (води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів) – 35%. Небезпека магнієвого осолонцювання 30-50%. Води Барабойського водосховища за небезпекою іригаційного засолення придатні для зрошення без обмежень (клас I) усіх типів ґрунтів.

За мінералізацією і вмістом магнію води Барабойського водосховища потребують обережний підхід при поливі.

*Структура і обсяг роботи.* Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Робота містить 16 таблиць і 12 рисунків. Загальний обсяг роботи – 63 сторінок. Список літератури складає 24 джерела.

**Ключові слова:** Барабойське водосховище; якість вод; іригаційні властивості; мінералізація; осолонцювання; іригаційне засолення; детальна типізація іригаційних вод.

## SUMMARY

### **Yudina E.O. Environmental and Irrigation Properties of the Waters in the Baraboi Reservoir (Odessa Oblast)**

*Relevance of the research topic.* The problem of irrigation of agricultural lands in the south of Ukraine, including Odessa region, was and remains very relevant. The limited water resources of irrigation quality force to form artificial reservoirs for water accumulation with the purpose of their further use for irrigation. Sources of recharge of reservoirs in the south of Odessa region are usually the Danube and the Dniester, whose waters meet the irrigation conditions. However, the mixing of Danube or Dniester waters with the waters of natural sources of water reservoirs and the influence of local factors of water quality formation lead to changes in the properties of water masses.

Baraboi Reservoir has natural and artificial power sources. For him, the natural source is the river with the appropriate name, and artificial feeding is due to the waters of the Dniester. In this regard, the question becomes interesting: what are the irrigation properties of the waters of the reservoir, and how these properties change during the warm period.

*Goal.* Estimation of irrigation properties of Baraboi Reservoir waters and their variability during the warm period of the year.

*Objectives of the study:* to perform an analysis of existing methods for assessing the irrigation properties of water; to calculate indicators of irrigation properties of waters of the Baraboy sky reservoir according to urgent observations, to carry out the analysis of time variability of these indicators; draw conclusions.

*The object of research* is the water quality of the Baraboi Reservoir.

*The subject of the study* is the assessment of the variability of the irrigation properties of the waters of the Baraboi Reservoir.

*Research methods.* Methods of mathematical statistics and comparative analysis of information were used in the research.

*Scientific novelty.* Elements of scientific novelty are to establish the temporal variability of the irrigation properties of the waters of the Baraboi Reservoir. An attempt has been made to improve the methodology for assessing the risk of irrigation salinization of the soil.

*Results of the research.* During the warm period, the mineralization of the waters of the Baraboi Reservoir averages 507 mg / dm<sup>3</sup> in the range from 327 to 896 mg / dm<sup>3</sup>. On average, the waters of the Baraboi Reservoir belong to subtype IIa, but the conditions for the formation of their quality are such that during the TP they can be: IIa (53%), IIb (41%) and IIIb (6%). According to the classification of Kostyakov AM with a probability of 71% during the TP of water belong to the 2nd class - require a "careful approach", 29% of the TP to the 1st class - "good"; according to the US classification (35%) - with "high" salinity and 65% of TP with "medium" salinity. There is a risk of soil salinity when using the Baraboi Reservoir for irrigation, but it is low. According to the classification of Bezdina S.Ya. The waters of the Baraboi Reservoir belong to category I (water is quite suitable for irrigation of all soil types)

with a probability of 65% during the TP and to category II (water suitable for irrigation of most soil types) - 35%. The risk of magnesium salinization is 30-50%. The waters of the Baraboi Reservoir are suitable for irrigation without restrictions (class I) of all types of soils due to the danger of irrigation salinization.

In terms of mineralization and magnesium content, the waters of the Baraboi Reservoir require a careful approach to irrigation.

*Structure and scope of work.* The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references, appendices. The work contains 16 tables and 12 figures. The total volume of the work is 63 pages. The list of literature is 24 sources.

**Key words:** Baraboi Reservoir; water quality; irrigation properties; mineralization; salinization; irrigation salinization; detailed typification of irrigation waters.



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП .....	13
1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ РОЗТАШУВАННЯ БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА.....	15
2 ХАРАКТЕРИСТИКА БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА.....	25
3 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ІРИГАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	27
4 ДЕТАЛЬНА ТИПІЗАЦІЯ ІРИГАЦІЙНИХ ВОД.....	34
5 ОЦІНКА ІРИГАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОД БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА .....	45
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	59
ДОДАТОК.....	62

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

км	– кілометр;
тис.	– тисяча;
га	– гектар;
ПЗФ	– природнозаповідний фонд;
ЧЕС	– Чорноморське Економічне Співробітництво;
ГМС	– гідрометеорологічна станція;
мб	– мілібар;
мм	– міліметр;
хв.	– хвилина;
м/с	– метр за секунду;
Сх	– схід;
Зах	– захід;
Пн	– північ;
Пд	– південь;
см	– сантиметр;
м	– метр;
$K^+$	– іон калію;
$Na^+$	– іон натрію;
$Mg^{2+}$	– іон магнію;
$Ca^{2+}$	– іон кальцію;
$Cl^-$	– хлорид-іон;
$SO_4^{2-}$	– сульфат-іон;
$CO_3^{2-}$	– карбонат-іон;
$HCO_3^-$	– гідрокарбонат-іон;
$Na_2CO_3$	– карбонат натрію (звичайна сода);
$NaHCO_3$	– гідрокарбонат натрію (питна сода);
$NaCl$	– хлорид натрію;

$CaCl_2$	– хлорид кальцію;
$Na_2SO_4$	– сульфат натрію;
$MgCl_2$	– хлорид магнію;
$MgSO_4$	– сульфат магнію;
г/дм <sup>3</sup>	– грамов в дециметрі кубічному;
мг/дм <sup>3</sup>	– міліграмов в дециметрі кубічному;
$M_o$	– солоність вод (загальна мінералізація);
$rNa^+$	– концентрація іона в мг-екв/дм <sup>3</sup> ;
мг-екв/дм <sup>3</sup>	– міліграм-еквівалент в дециметрі кубічному;
$K_a$	– іригаційний (лужний) коефіцієнт Стеблера;
$K$	– коефіцієнт (співвідношення іонів);
$r\Sigma e$	– сума головних іонів;
$K_1$	– коефіцієнт (співвідношення натрію з кальцієм);
$K_2$	– коефіцієнт (співвідношення натрію з сумою кальція і магнія);
$K_3$	– коефіцієнт (співвідношення суми головних іонів з сумою кальція і магнія);
ммоль/дм <sup>3</sup>	– мілімоль в дециметрі кубічному;
$SAR$	– показник адсорбційного співвідношення;
$B^{3+}$	– іон бору;
$As^{3+}$	– іон мишьяку;
$Co^{2+}$	– іон кобальту;
$Cu^{2+}$	– іон міді;
$Pb^{2+}$	– іон свінцю;
$Ni^{2+}$	– іон нікелю;
$Zn^{2+}$	– іон цинку;
$pH$	– показник концентрації іонів водороду;
$e(rCl)$	– сума токсичних солей в еквівалентах хлору;
моль/дм <sup>3</sup>	– моль в дециметрі кубічному;
ДСТУ	– Державний стандарт України;

I, IIa, IIб, IIIa, IIIб, IIIв	– підтипи іригаційних вод;
$CaSO_4 \times 2H_2O$	– гіпс;
ТП	– теплий період;
<i>сер</i>	– середнє значення;
<i>min</i>	– мінімальне значення;
<i>max</i>	– максимальне значення;
<i>p%</i>	– ймовірність (частота).

## ВСТУП

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

Обмеженість водних ресурсів іригаційної якості змушує утворювати штучні водойми для накопичення вод з метою їх подальшого використання для поливу. Джерелами підживлення водосховищ на півдні Одеської області як правило є Дунай і Дністер, води яких відповідають іригаційним кондиціям [2, 3]. Але, змішування дунайських або дністровських вод з водами природних джерел живлення водосховищ і вплив місцевих чинників формування якості вод приводять до зміни властивостей водних мас.

Прикладом може служити водосховище Сасик, води якого після змішування з водами Дунаю придатні для зрошення лише легких, добре проникних та дренажних ґрунтів [3]. Дунайські ж води за мінералізацією і за співвідношенням головних іонів можна рахувати еталоном іригаційних вод півдня України. Вони підходять для поливу усіх типів ґрунтів протягом усього теплого періоду року [2].

Барабойське водосховище як і Сасик має природні і штучні джерела живлення. Для нього природним джерелом є річка з відповідною назвою, а штучне підживлення відбувається за рахунок вод р. Дністер. Дністровські води на відміну від дунайських мають більшу мінералізацію (в середньому приблизно в 1,4 рази) і більший вміст токсичних іонів, вони сприяють утворенню в ґрунті більшої кількості токсичних солей. У такому зв'язку

цікавим стає питання: які іригаційні властивості мають води згаданого водосховища, і як ці властивості змінюються протягом теплого періоду.

Дослідження останніх років [4-8] були спрямовані на визначення і аналіз гідрохімічних та гідробіологічних характеристик Барабойського водосховища, іригаційні властивості його вод не розглядались.

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

*Об'єкт дослідження – якість вод Барабойського водосховища.*

*Предмет дослідження – оцінка мінливості іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища.*

*Наукова новизна.* Елементи наукової новизни полягають у встановленні часової мінливості показників іригаційних властивостей вод Барабойського водосховища. Зроблено спроба вдосконалення методики оцінки небезпеки іригаційного засолення ґрунту, в частині розрахунку суми токсичних солей в еквівалентах хлору.

*Структура і обсяг роботи.* Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Робота містить 16 таблиць і 12 рисунків. Загальний обсяг роботи – 63 сторінок. Список літератури складає 24 джерел.

# 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ РОЗТАШУВАННЯ БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

## 1.1 Одеська область

Одеська область (рис. 1.1) займає територію Північно-Західного Причорномор'я від гирла Дунаю до Тилігульського лиману (довжина морської берегової лінії в межах області перевищує 300 км) і тягнеться від моря на північ, в глиб суші на 200-250 км. На півночі Одеська область межує з Вінницькою та Кіровоградською, на сході - з Миколаївською областями, на заході - з Республікою Молдова та Придністровською Молдавською Республікою, на південному заході - частина державного кордону України з Румунією. Усього в межах області пролягають 1362 кілометри державного кордону.

Площа Одеської області складає 5,5% території України (33,3 тис.км<sup>2</sup>). Північна частина області розташована в лісостеповій, а південна - в степовій зоні. У ґрунтовому покриві переважають звичайні та південні чорноземи. Средньорічна температура коливається від +8,2<sup>0</sup>С на півночі до +10,8<sup>0</sup>С на півдні. Тривалість вегетаційного періоду від 180 до 210 діб. Средньорічна кількість опадів - від 340 мм на півдні області до 460 мм на півночі. Чорне море та лікувальні грязі Куяльницького лиману створюють винятково високий рекреаційний потенціал Одещини. У пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні 5 розташовані високоцінні й унікальні природні комплекси, водно-болотні угіддя, екосистеми, що формують високий біосферний потенціал регіону, який має національне і міжнародне значення. Природні умови сприятливі для вирощування озимої пшениці, кукурудзи, ячменю, проса, соняшнику.

Головне природне багатство області – її земельні ресурси, що представлені переважно чорноземними ґрунтами з високою природною родючістю. У сполученні з теплим степовим кліматом вони формують високий

агропромисловий (сільськогосподарський) потенціал регіону.

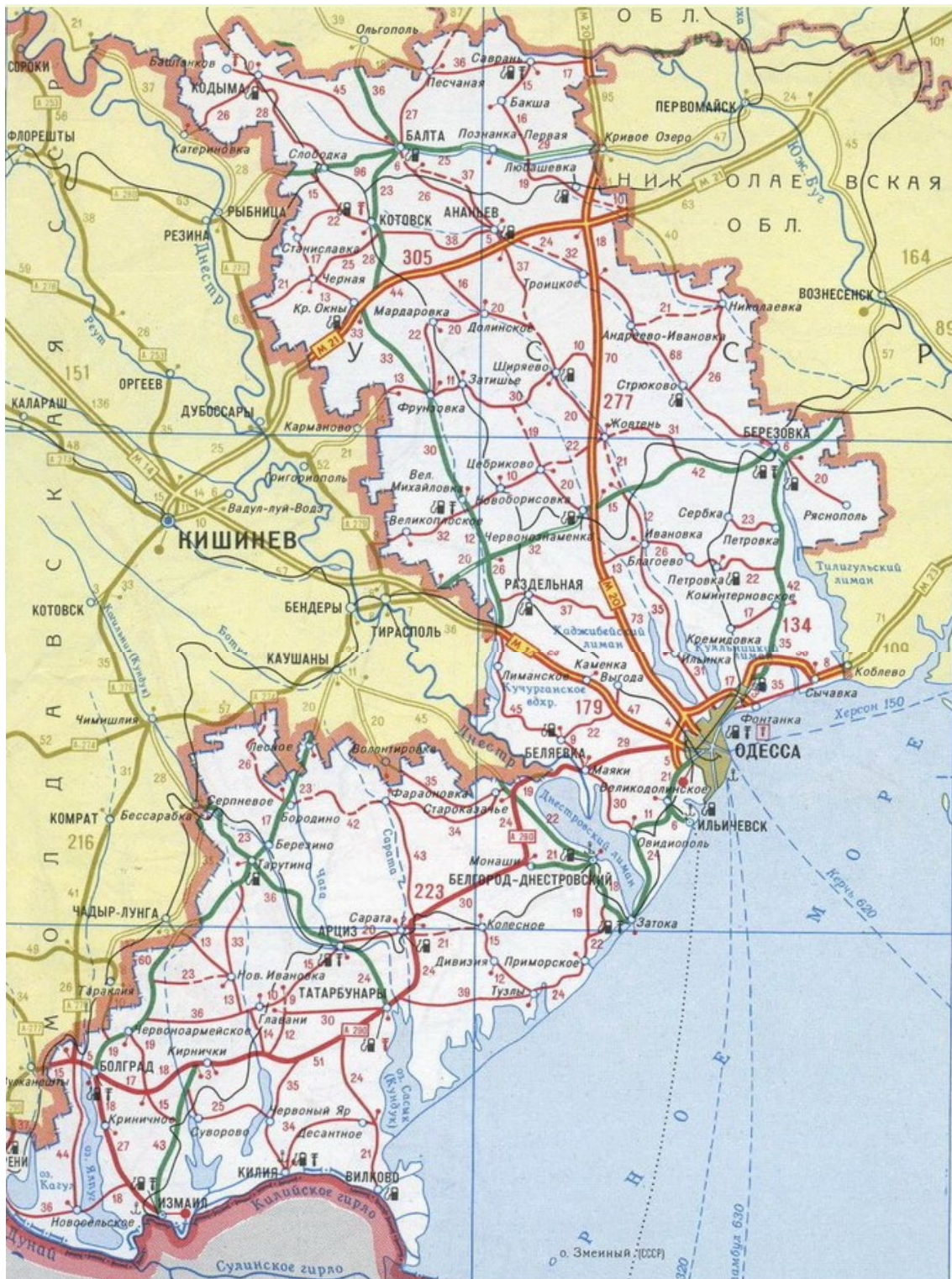


Рис.1.1 – Одеська область

Земельні ресурси Одеської області (3331 тис.га) характеризуються



надзвичайно високим рівнем освоєння. Найбільшою є питома вага земель сільськогосподарського призначення 2660 тис.га, з них рілля – 2074 тис.га. У структурі земель сільськогосподарські угіддя займають 79,9 відсотків, у тому числі рілля – 62,3 відсотків. Землі житлової та громадської забудови займають 53,1 тис.га.

Довжина морських і лиманних узбереж від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману сягає 300 км. На території області знаходяться прісноводні озера – Кагул, Ялпуг, Катлабух, солоні озера – Сасик, Шагани, Алібей, Бурнас, а також Хаджибейський і Куяльницький лимани, відомі своїми лікувальними грязями. Водопостачання Одеської області здійснюється як з поверхневих джерел, так і за рахунок підземних джерел. У межах області розташовані 1134 малих річок і струмків, 15 прісноводних та морських лиманів (найбільш великі Дністровський, Тилігульський, Хаджибейський, Алібей, Бурнас, Будацький, Куяльницький, Кучурганський), 68 водосховищ, 45 озер, у тому числі 8 Придунайських озер: Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух, Китай, Сасик, Кагул, Картал, Саф'яни.

Одеська область – малолісна, лісодефіцитна, тому створення лісових насаджень є основною задачею державних лісогосподарських підприємств. Для доведення лісистості Одеської області до оптимальної науковообґрунтованої – 9%, при якій ліси найефективніше впливають на клімат, ґрунти, водні ресурси та протидіють ерозійним процесам, необхідно створити 100 тис.га нових лісових насаджень. Збільшення лісистості області від 6% до 9% планується здійснювати за рахунок еродованих земель та схилів. Основна мета заліснення – припинення інтенсивних процесів вітрової та водної ерозії.

Природно-заповідний фонд Одеської області станом 01.01.2017 має в своєму складі 123 об'єкта, з них 16 об'єктів загальнодержавного значення, та 107 об'єктів – місцевого значення. Загальна площа об'єктів природнозаповідного фонду становить 160,0 тис.га. З урахуванням того, що 12 об'єктів загальною площею 9,13 тис.га знаходяться у складі природнозаповідних територій, фактично займана ПЗФ площа в області

становить – 150,8 тис. га. Відношення площі ПЗФ до площі Одеської області («показник заповідності») становить 4,5%. Одеська область є частиною морського фасаду України. Вона розташована на перетині найважливіших міжнародних водних шляхів: Дунайський водний шлях після завершення будівництва в 1992 році каналу Дунай-Майн-Рейн є найкоротшим виходом із країн Європи в Чорне море, далі – в Закавказзя, Середню Азію, на Близький Схід; ріка Дністер зв'язує регіон з Молдовою, а Дніпро – з Центральною Україною і Білоруссю, а після завершення реконструкції Дніпровсько-Бузького і Дніпровско-Неманського каналів – з Польщею і країнами Балтії. Волго-Донська система зв'язує АзовоЧорноморський басейн із Росією (аж до Санкт-Петербурга і Мурманська), Казахстаном, Туркменістаном, Азербайджаном, Іраном, забезпечуючи виходи до Каспійського, Балтійського і Білого морів. Геополітичне положення Одещини обумовлене як вигідним транспортногеографічним розміщенням, так і зростаючою активізацією її участі у великих європейських міжрегіональних організаціях – Асамблеї Європейських Регіонів і Робітничої Співдружності Придунайських країн. Будучи частиною морського фасаду країни, Одеська область значною мірою сприяє активній участі України в роботі країн-членів Чорноморського Економічного Співробітництва (ЧЕС).

*Температура повітря.* Середня багаторічна середньорічна температура повітря 10°C. Найбільш холодний місяць - лютий (-1,4°C). Найбільш жаркий - липень-серпень 22,3°C.

Абсолютна амплітуда коливань температури повітря дорівнює 68,8°C - від абсолютного максимуму 39,1°C до абсолютного мінімуму -29,7°C.

Найбільш холодними є січень і лютий, середньомісячна їх температура відповідно дорівнює від -1,6 до -1,4°C по багаторічних даних ГМС Одеса-порт. Самий теплий місяць - липень, середньомісячна температура якого складає 22,4°C.

Мінімальна температура повітря склала -29,7°C. В Одесі, а максимальна 39,1°C. У розглянутому районі середньодобова температура повітря переходить

до негативних значень від 22 до 27 грудня, а навесні до позитивних температур - наприкінці лютого - початку березня. Число днів із негативною температурою коливається від 59 до 119. Середньо багатолітня температура повітря складає за даними Одеса - порт 10,1°C.

*Вологість повітря.* Середньомісячна абсолютна вологість повітря коливається від 5,0 до 18,4 мб. відносна – від 68% (липень) до 86% (січень). Річний хід відносної вологості повітря зворотний річному ходу температури повітря. Найбільше значення відносної вологості відзначається в холодний час року: у грудні - лютому й середньомісячні значення рівні від 87 до 86%, а найменші середньомісячні значення фіксуються в липні – серпні і складають 68-70%. Абсолютний мінімум відносної вологості спостерігався в червні і склав усього 22%. Абсолютна вологість повітря має найбільші значення в теплі літні місяці - у липні й серпні, коли й середньомісячні значення рівні 18,4 і 19,1 мб.

Річний хід абсолютної вологості збігається з річним ходом температури повітря. Середньо багаторічне значення відносної вологості за даними МТС Одеса – порт дорівнює 78%, а абсолютної – 11,0 мб.

*Опади.* Середня багаторічна сума опадів дорівнює 367 мм. Для окремих років вона змінювалася від 300 до 576 мм у рік. Протягом року спостерігається (у середньому) 110 днів із дощем, велика частина яких приходить на холодний період, коли спостерігаються тривалі дощі малої інтенсивності. Максимальна добова сума місячних опадів склала 134 мм. Максимальна інтенсивність досягає 2 мм у хв. (протягом 3 - 5 хв.).

*Вітер.* У середньостатистичному році переважними для даного району є вітри північного і північно-східного напрямків (повторюваність 19,15 і 14,01%, відповідно).

Найбільш вітряним сезоном року є зима, коли середня повторюваність вітру зі швидкістю 12 м/с. і більш дорівнює 7%. В окремі зими вона коливається від 0 до 18%. Протягом середньостатистичного року повторюваність слабких вітрів (1-4 м/с) дорівнює 47,73%, сильних (більш 15 м/с) 0,40%. На частку штилів проходиться 2,21%.

Число днів із вітром 12 м/с. і більш протягом середньостатистичного року 40. Від року до року ця величина може мінятися від 10 до 80.

В один з чотирьох синоптичних термінів спостережень західною частиною Чорного моря один раз у 15 років миттєва швидкість може перевищувати 35 м/с., а один раз від 50 до 40 м/с. Узимку переважають вітри північно-західного, північного, і північно-східного напрямків (17,61; 19,82; 18,09% відповідно).

Повторюваність слабких вітрів складає 41,80%, сильних — 0,80% усіх випадків. У цей сезон спостерігається найбільша повторюваність сильних вітрів, найменш часті штилі.

Навесні повторюваність слабких вітрів зростає до 47,79%, а сильних - зменшується до 0,61%. Вітер із швидкістю більш 20 м/с спостерігався 1 раз.

По напрямках повторюваність вітру розподілялася в такий спосіб: південний – 17,12; північно-західний – 7,52; північно-східний 14,93%. Інші випадки відносно рівномірно розподілені по інших 4 основних румбах, за винятком західного, повторюваність вітру по якому складає усього 3,02%.

У цей сезон частка східних вітрів найменша – 4,17%.

Повторюваність слабого вітру складає 52,33%. Вітри, швидкість яких коливається в інтервалі від 5 до 9 метрів у секунду, реєструються в 41,04%, а в інтервалі від 10 до 15 м/с – у 3,67% випадків. Два рази за увесь час спостережень відзначався вітер із швидкістю 20 м/с і західний напрямком.

Штиль реєструвався в 2,84% випадів.

Восени переважними напрямками вітру є: північно-західне, північне і північно-східне (13,23; 22,80 і 10,08%, відповідно).

По швидкостях переважають слабкі вітри – 48,40%, а сильні вітри реєструвалися в 0,35% випадків. Для розрахунку параметрів хвиль рідкої повторюваності були визначені швидкості вітру в м/с у штормах відповідної повторюваності й отримані наступні результати:

Таблиця 1.1 – Швидкості вітру за напрямками

Румб	Сх	Пд.сх.	Пд	Пн.сх.	Пн.	Пн.з.	Зах.	Пд.зх.
Швидкість 2% забезпеч.	25	24	21	20	26	20,5	25,	27
Швидкість 4% забезпеч.	24	23	20	19	25	19,5	24,	26

## 1.2 Біляївський район

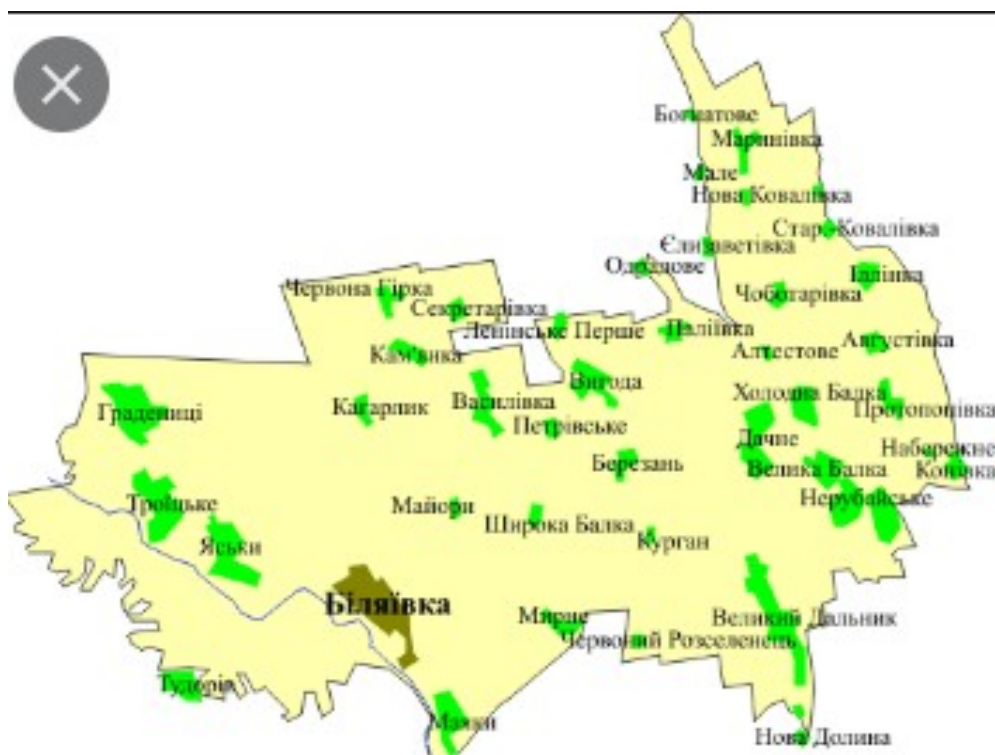


Рис. 1.2 – Біляївський район

*Клімат* розглядуваного району помірно-континентальний з відносно м'якою, легковажною і вологою зимою і жарким сухим літом [22, 23].

Середня багаторічна середньорічна температура повітря плюс 10°C. Найбільш холодний місяць лютий (~1,4°C), найбільш жаркий – липень-серпень (+22,3°C). Абсолютна амплітуда коливань температури повітря рівна 68,8°C – от абсолютного максимуму плюс 39,1°C до абсолютного мінімуму мінус 29,7°C.

Середня багаторічна річна сума опадів рівна 367 мм. Для конкретних років вона змінювалася від 300 до 576 мм в рік. Число днів з опадами протягом року коливається від 80 до 150.

Велика частина річної суми опадів випадає в літні місяці: у червні в середньому 53 мм, а в липні – 46 мм. Найменша кількість опадів доводиться на холодний період року з січня по березень; у березні в середньому випадає 28 мм.

У весняні місяці середньомісячні кількості опадів близькі до 30 мм, а восени від місяця до місяця сума опадів міняється в значних межах: так, якщо в жовтні випадає в середньому 26 мм, то в листопаді – 44, а у вересні – 34 мм.

У літній період для даного району характерні зливові опади з інтенсивністю до 2 мм/мін. Добова сума опадів може скласти 60-90 мм. Так, наприклад, в серпні 1974 року добова сума опадів склала 94 мм.

Протягом року спостерігається (в середньому) 110 днів з дощем, велика частина яких доводиться на холодний період. Максимальна добова сума опадів склала 120 мм. Максимальна інтенсивність досягає 2 мм в мин. (тривалістю 3-5 мин.)

Сніжний покрив нестійкий, спостерігається в період з жовтня по квітень. Максимальна середньодекадна висота сніжного покриву – 15 см.

Найбільші значення відносної вологості наголошуються в холодну пору року. У грудні і січні її середньомісячні значення рівні 87-86%. Найменші її значення в липні і серпні складають 68-70%, а абсолютний мінімум відносній вологості спостерігався в червні і склав всього 22%.

Абсолютна вологість повітря має найбільші значення в теплі літні місяці - липні і серпні, коли її середньомісячні значення рівні відповідно 18,4 і 18,1 мб. Взимку величини абсолютної вологості мінімальні і в січні-лютому їх середньомісячні значення складають 5,0 і 4,8 мб.

Грози можливі протягом всього року. Найбільш частійше грози літом, в окремі роки бувають 10-15 разів на місяць. Найбільша кількість днів з грозами складає 37; середня кількість – 20 в рік. Середня безперервна тривалість грози

складає 1,5-2,5 години.

Часто під час грози випадає град, при вторгненні мас холодного повітря. В середньому за рік буває 1-2 дні з градом, проте, в окремі роки число днів з градом може досягати 6.

Тумани найбільш частійше в холодну пору року з жовтня по квітень. В окремих випадках тривалість туманів досягає декількох діб. Протягом року в середньому спостерігається 35 днів з туманом, максимум – 51.

З листопада по березень наголошується від 6 до 20 днів із завірюхою (в середньому – 9 днів в році). Ожеледиця спостерігається в середньому 3 дні в році.

### 1.3 Річка Барабой



Рис. 1.3 – Річка Барабой

Барабой – річка в Україні, в межах Одеського району Одеської області. В межах курорту Грибівка впадає до Чорного моря. На історичних картах річка

позначена під назвами Балка Канаєве і, раніше, Кайна-Су (останнє від крим. *Kanaıa Su* – кривава вода).

Річка Барабой – довжина 71 км, площа водозбірного басейну 652 км<sup>2</sup>. Похил річки 1 м/км. Долина трапецієподібна, завширшки 1,5-2 км. Річище нерозгалужене, частково випрямлене, проводиться розчищення, його ширина 10-20 м. Використовується на зрошення, рибництво, розведення водоплаваючої птиці. Вода з болотним присмаком, для пиття непридатна. Влітку міліє і пересихає. Споруджено невеличкі водосховища і ставки.

Барабой бере початок біля села Секретарівка. Тече переважно на південний схід і (місцями) на південь. Впадає до Чорного моря на південний схід від села Грибівки.

Вздовж річки Барабой розташовані населені пункти: місто Теплодар, а також села Грибівка, Дальник, Барабой та інші.

На річці поблизу Теплодару розташоване Барабойське водосховище.



## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Барабойське водосховище (рис. 2.1) – невелике руслове водосховище на річці Барабой, розташоване у Біляївському районі Одеської області. Площа Барабойського водосховища (табл. 2.1) становить 371 гектар за повної заповненості. Максимальна кількість води, яка в ньому може вміститися, становить 24 млн. м<sup>3</sup>. Але навіть за його відкриття у 1981 році (відповідно до Акту Державної комісії від 1 серпня 1980 року, затвердженого Постановою Ради Міністрів УРСР від 28.08.1980 року) максимум його заповнення становив 16 млн. м<sup>3</sup>. За сьогоденної заповненості його площа становить 270 Га. На березі водосховища розташоване місто Теплодар. Водосховище мало стати частиною єдиного комплексу Теплодарської атомної електростанції, будівництво якої було зупинено після катастрофи на Чорнобильській АЕС.



Рис. 2.1 – Барабойське водосховище

Таблиця 2.1 – Барабойське водосховище

Розташування	Одеська область
Річка	Барабой
Висота над р. м.	39,6 м
Найбільша глибина	3 м
Вливається	Барабой
Виливається	Барабой
Рік наповнення	1976

Водосховище не було повноводним 20 років. Останні роки водні запаси водосховища зросли до 13 млн. м<sup>3</sup> (рекорд за останні 15 років). За даними Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю причиною таких рекордних запасів води стала сильна посуха останніх років. Зрошувальна система, частиною якої є Барабойське водосховище, мала великий попит у фермерів. Аграрії Біляївського та Овідіопольського районів збільшили площі зрошуваних полів на 5 тис.га. Для забезпечення їхніх водних потреб на поповнення Барабойського водосховища, були виділені кошти.

### 3 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ІРИГАЦІЙНИХ ВОД

Існує чотири критерії оцінки іригаційних властивостей вод:

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

*Концентрація солей.* Мінералізацію вод визначають наступні головні іони, присутні у воді: 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 ( $HCO_3^-$ ). Зазвичай розглядають суму калія з натрієм, а карбонатів з гідрокарбонатами.

Використання для поливу мінералізованих вод може привести до засолення ґрунтів. Засоленням ґрунтів називають надмірне накопичення в їх кореневмісному шарі розчинених або поглинених солей  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , які шкідливо впливають на сільськогосподарські рослини, знижують урожай і його якість. Засолення буває нейтральним (хлориди і сульфати натрію і магнію) і лужним (карбонати і гідрокарбонати натрію і магнію) [9, с.8].

За загальною мінералізацією зрошувальних вод небезпека засолення ґрунтів по Костякову А.Н. оцінюється в такий спосіб:

- [10, с.48, 49] до  $1,0 \text{ г/дм}^3$  – придатна для зрошення; від  $1,0$  до  $1,5 \text{ г/дм}^3$  - обережне зрошення; від  $1,5$  до  $3,0 \text{ г/дм}^3$  – необхідний аналіз хімічного складу солей, понад  $3 \text{ г/дм}^3$  – не придатна для зрошення;

- [10, с.51]: 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  $3,0 \text{ г/дм}^3$  – вторинне засолення.

У США використовується наступна класифікація поливних вод за

солоністю ( $M_o$ , г/дм<sup>3</sup>):

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

-  $0,20 < M_o \leq 0,50$  – вода середньої солоності, використовують в умовах помірного вилуговування, культури середньої солестійкості можна вирощувати, не застосовуючи заходів для боротьби з засоленням;

-  $0,50 < M_o \leq 1,00$  – вода високої солоності, навіть при гарному дренажі можуть знадобитися заходи щодо боротьби з засоленням, слід вибирати 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.

Крім того, засолення ґрунтів характеризується також токсичністю. Граничне значення показника токсичності, вище якого починається пригнічення росту і розвитку сільськогосподарських культур, є порогом токсичності.

У табл. 3.1 надана токсичність основних солей, що зустрічаються в ґрунті і воді.

Таблиця 3.1 – Токсичність основних солей [10, с.9; 12, с.84; 13, с.386]

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

Солі, розташовані вище риси в табл. 3.1, шкідливі для рослин. Найбільш токсичні з них сода (*Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>*, *NaHCO<sub>3</sub>*), хлористий (*NaCl*) і сірчаноокислий (*Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*) натрій, хлористий кальцій (*CaCl<sub>2</sub>*). Меншу токсичність мають сульфат і хлорид магнію (*MgSO<sub>4</sub>*, *MgCl<sub>2</sub>*). Суміші солей завжди менш токсичні, ніж їх більш чисті скупчення.

Ряд токсичності солей за Ковдою В.А. має таку послідовність [12, с.386]:



Співвідношення іонів. Найбільш поширеним показником якості іригаційних вод є співвідношенням іонів.

В класифікації Бездніної С.Я. з мінералізацією вод враховується відсоткове співвідношення іонів натрію і суми катіонів (рис. 3.1).

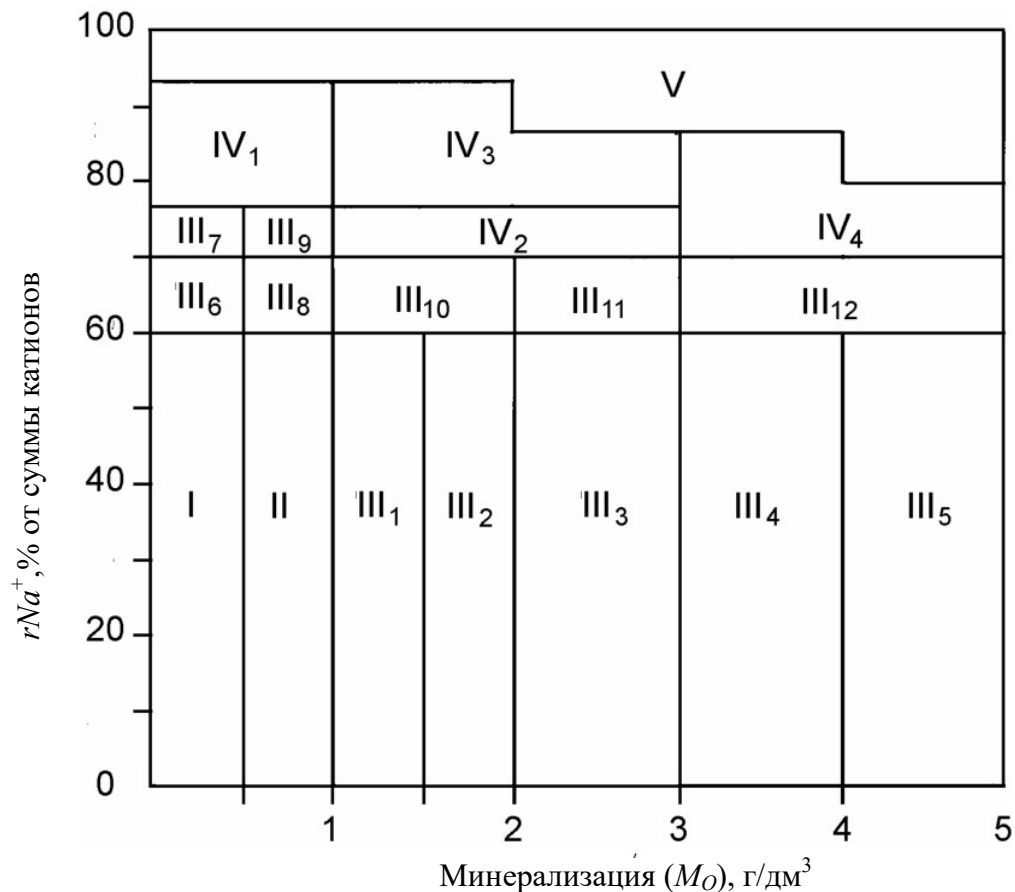


Рис. 3.1 – Класифікація вод за ступінем їх придатності для зрошення (Бездніна С.Я.):

I – води придатні для зрошення усіх типів ґрунтів;

II – води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів;

III – води обмежено придатні для зрошення (III<sub>1-5</sub> – потребують покращення розбавленням, III<sub>6-7</sub> – потребують хімічної меліорації, III<sub>8-12</sub> – потребують розбавлення і хімічної меліорації);

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

V – води не придатні для зрошення.

Іригаційний (лужний) коефіцієнт Стеблера, що чисельно дорівнює товщині шару води в дюймах, при випаровуванні якої в ґрунті утворюється шкідлива для більшості рослин кількість солей, розраховується за наступними формулами в залежності від типу вод [9, с.10]:

$$K_a = 288/(5rCl^-), \quad \text{при } rCl^- > rNa^+ \quad (\text{III}),$$

$$K_a = 288/(rNa^+ + 4rCl^-), \quad \text{при } rCl^- + rSO_4^{2-} > rNa^+ > rCl^- \quad (\text{II}),$$

$$K_a = 288/(10rNa^+ - 5rCl^- - 9rSO_4^{2-}), \quad \text{при } rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-} \quad (\text{I}),$$

де  $rNa^+$ ,  $rCl^-$ ,  $rSO_4^{2-}$  – концентрація іонів, мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Придатність води для зрошення в 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 в залежності від ґрунтово-кліматичних умов;
- $6 > K_a \geq 1,2$  – «незадовільна», обмежено придатна для зрошення солестійких культур за умови хорошого штучного дренажу, проведення промивних поливів і меліоративних заходів (наприклад, внесення емульсії гіпсу в воду);
- $K_a < 1,2$  – «погана», вода непридатна для зрошення.

Оцінку небезпеки осолонцювання при використанні вод для зрошення І.М. Антипов-Каратаєв і Г.М. Кадер [9, с.16; 11, с.16; 12, с.50] запропонували виконувати за таким співвідношенням:

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

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

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

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  $0,23M_0$ . Тому, при  $K < 0,23M_0$  вода непридатна для зрошення.

За М.Ф. Будановим – води з мінералізацією  $\leq 1$  г/дм<sup>3</sup> можна використовувати для зрошення при співвідношенні натрію до кальцію ( $K_1$ ) максимум 1, а натрію до суми кальцію і магнію ( $K_2$ ) – не більше 0,7. Для вод з мінералізацією 1-3 г/дм<sup>3</sup> при перших співвідношеннях, вводиться також умова: сума ( $r\Sigma\hat{e}$ ) головних іонів, поділена на суму кальцію і магнію, ( $K_3$ ) не повинна перевищувати: 4 – для середньо- і важкосуглинкових ґрунтів; 5 – для легкосуглинкових ґрунтів; 6 – для супіщаних і піщаних ґрунтів:

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

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

$$3) K_3 = r\Sigma\hat{e}/(rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq B.$$

Можейко А.М. і Воротник Т.К. для поливних вод вводять наступну умову співвідношення натрію з калієм до суми катіонів:

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

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

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

Небезпеку магнієвого осолонцювання Сабольч І. та Дараб К. оцінюють наступним чином: кількість  $rMg^{2+}$  в поливній воді не впливає шкідливо на ґрунт, якщо [12, с.85]:

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

За Келлі і Либіхом наявність  $Na^+$  и  $Mg^{2+}$  в поливній воді не впливає шкідливе на ґрунт, якщо виконується співвідношення:

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

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

Небезпека осолонцювання ґрунтів в США оцінюється за показником адсорбційного співвідношення (*SAR*), що розраховується за формулою Гапона [9, с. 16]:

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

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

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

Небезпеку осолонцювання в залежності від загальної мінералізації та значення *SAR* Ричардс Л.А. дає у вигляді наступної таблиці (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Таблиця Ричардса Л.А. [12, с. 87]

$M_0$ , г/дм <sup>3</sup>	Небезпека засолення ґрунту	Небезпека осолонцювання за значенням <i>SAR</i>			
		мала	середня	висока	дуже висока
$M_0 \leq 1$	Низька	$SAR \leq 10$	$10 < SAR \leq 18$	$18 < SAR \leq 26$	$SAR > 26$
$1 < M_0 \leq 2$	Середня	$SAR \leq 8$	$8 < SAR \leq 15$	$15 < SAR \leq 22$	$SAR > 22$
$2 < M_0 \leq 3$	Висока	$SAR \leq 6$	$6 < SAR \leq 12$	$12 < SAR \leq 18$	$SAR > 18$
$M_0 > 3$	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, тому перелік токсичних іонів залежить від вирощуваної культури.

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  $pH$ . Підвищений вміст в поливних водах токсичних іонів може привести до їх накопичення в листі, викликати опік рослин (це може проявитися при дощуванні в денний час). У табл. 3.3 наводиться характеристика якості поливних вод при різних способах поливу в залежності від концентрації іонів  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $B^{3+}$  и  $NO_3^-$ .

Таблиця 3.3 – Токсичність іонів для сільськогосподарських культур при поверхневих поливах і дощуванні

Іон	Спосіб поливу	Якість вод		
		Добрі	Середні	Погані
$Na^+$ , моль/дм <sup>3</sup>	Поверхневий полив	$\leq 3$	$>3 \div \leq 9$	$>9$
	Дощування	$\leq 3$		$>3$
$Cl^-$ , моль/дм <sup>3</sup>	Поверхневий полив	$\leq 4$	$>4 \div \leq 10$	$>10$
	Дощування	$\leq 3$		$>3$
$HCO_3^-$ , моль/дм <sup>3</sup>	Дощування	$\leq 1,5$	$>1,5 \div \leq 8,5$	$>8,5$
$B^{3+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	При будь-якому поливі	$\leq 0,7$	$>0,7 \div \leq 2,9$	$>2,9$
$NO_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	При будь-якому поливі	$\leq 5$	$>5 \div \leq 30$	$>30$

В ДСТУ 2730:2015 [20, с.4, 7] небезпека іригаційного засолення ґрунту оцінюється за сумою токсичних солей в еквівалентах хлору  $e(rCl)$ . Цю суму обчислюють за формулою:

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

де  $rCl$  – кількість хлоридів, мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $(rSO_4^{2-})_T$  – кількість токсичних сульфатів, мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $(rHCO_3^-)_T$  – кількість токсичних гідрокарбонатів, мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $rCO_3^{2-}$  – кількість токсичних карбонатів, мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 3.4 – Оцінка якості зрошувальної води за небезпекою іригаційного засолення ґрунту (ДСТУ 2730:2015)

Концентрація токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів за групами ґрунтів за їх гранулометричним складом у шарі 0-100 см, мг-екв/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

#### 4 ДЕТАЛЬНА ТИПІЗАЦІЯ ІРИГАЦІЙНИХ ВОД

Недоліками методики в ДСТУ 2730:2015 [20, с. 7] є:

по-перше, рекомендації за визначенням токсичних іонів мають загальний характер [3, с.7] (табл. 4.1), ними важко користуватися на практиці;

по-друге, в формулі (1) не враховується, що гідрокарбонат-іони можуть бути такими ж токсичними, як і карбонат-іони, завдяки утворенню у воді питної соді ( $NaHCO_3$ ). Ця частина іонів  $HCO_3^-$  в формулі (1) повинна бути об'єднана з іонами  $CO_3^{2-}$ , які утворюють звичайну соду ( $Na_2CO_3$ ) і мають коефіцієнт 5.

Таблиця 4.1 – Схема зв'язування іонів у токсичні й нетоксичні солі  
(ДСТУ 2730:2015)

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

Усунення згаданих недоліків можливе при визначенні типів іригаційних вод, що мають різні набори гіпотетичних солей, особливі (специфічні) для кожного типу. У цьому випадку можливе для кожного типу вод надати його набір токсичних іонів і розрахункову формулу суми токсичних солей в еквівалентах хлору.

Найпоширенішою класифікацією природних вод – є класифікація Альокіна О.А. [17, с.121] (рис. 4.1), у якої води поділені на класи (за переважаючим аніоном), групи (за переважаючим катіоном) та типи (за співвідношенням аніонів та катіонів). Однак, у цієї класифікації природні води одного типу можуть мати різні набори гіпотетичних солей. Потрібна якась інша класифікація.



Рис. 4.1 – Класифікація природних вод за Альокіним О.А.

В роботі [21, с.101] класифікацію вод Альокіна О.А. прийнято за базову і запропоновано її деталізація на основі вмісту переважаючого (класоутворюючого) аніона (рис. 4.2): підтип *a* – вміст аніона більш 75% в еквівалентах; *б* – від 50% до 75%; *в* – менш 50%.

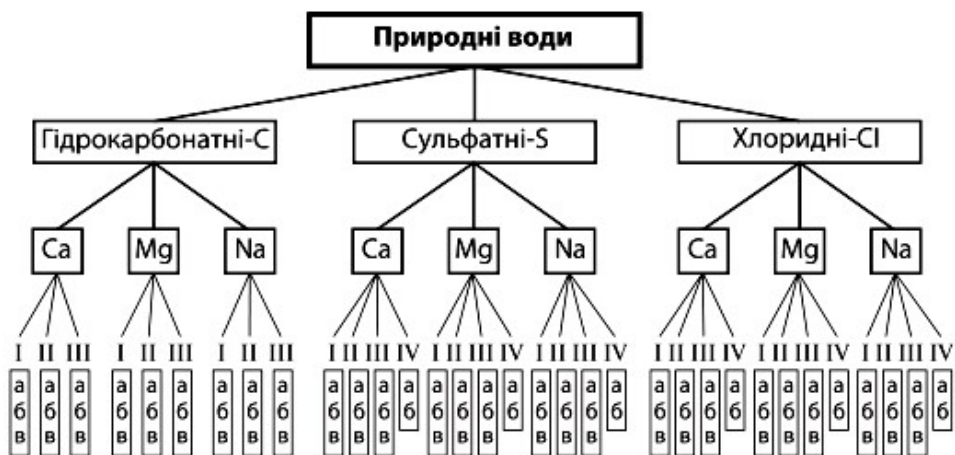


Рис. 4.2 – Схема вдосконалення [21, с.101] базової класифікації природних вод Альокіна О.А.

Схема вдосконалення (рис. 4.2) класифікації природних вод Алєкіна О.А. має недоліки і не до кінця продумана авторами.

По-перше, води сульфатного та хлоридного класів, кальцієвої чи магнієвої груп не можуть бути першого типу. У базовій класифікації Альокіна О.А. (рис. 4.1) вони відсутні не випадково. Альокін О.А. не пояснює причину відсутності вод типу I у згаданих класах та групах природних вод проте, це можна зробити, використовуючи рівність 100% сум концентрацій аніонів та катіонів у%-еквівалентній формі та співвідношення іонів у типах природних вод за Альокіним О.А.:

$$(rHCO_3^- + rSO_4^{2-} + rCl^-) = (rCa^{2+} + rMg^{2+} + rNa^+) = 100\%; \quad (2)$$

$$I - rHCO_3^- > (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \quad \text{або} \quad rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}; \quad (3)$$

$$II - rHCO_3^- \leq (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq (rHCO_3^- + rSO_4^{2-}) \quad \text{або} \quad rCl^- \leq rNa^+ \leq rCl^- + rSO_4^{2-}; \quad (4)$$

$$III - (rCa^{2+} + rMg^{2+}) > (rHCO_3^- + rSO_4^{2-}) \quad \text{або} \quad rNa^+ \leq rCl^-. \quad (5)$$

Розглянемо твердження – води  $S_{I}^{Ca}$ ,  $S_{I}^{Mg}$ ,  $Cl_{I}^{Ca}$  и  $Cl_{I}^{Mg}$  не існують.

У прийнятих позначках переважними є: аніони –  $SO_4^{2-}$  або  $Cl^-$ ; катіони –  $Ca^{2+}$  або  $Mg^{2+}$ . Відповідно (2), тільки у випадку  $rHCO_3^- < 50\%$  є ймовірність того, що або  $SO_4^{2-}$ , або  $Cl^-$  можуть бути переважними. Інакше ( $rHCO_3^- > 50\%$ ) навіть за відсутності одного з аніонів ( $SO_4^{2-}$  або  $Cl^-$ ) другий аніон не стане переважним. У водах типу I має виконуватись співвідношення (3):  $rHCO_3^- > (rCa^{2+} + rMg^{2+})$ . Звідси слідує, що  $(rCa^{2+} + rMg^{2+}) < 50\%$ , но тоді  $rNa^+ > 50\%$ , отже він є переважним і визначає групу вод, тобто, якщо сульфатні або хлоридні води першого типу, то це лише натрієва група:  $S_{I}^{Na}$  або  $Cl_{I}^{Na}$ . Таким чином  $S_{I}^{Ca}$ ,  $S_{I}^{Mg}$ ,  $Cl_{I}^{Ca}$  и  $Cl_{I}^{Mg}$  відсутні в природних водах через неможливість такого співвідношення.

По-друге, в деяких групах природних вод неможливі значення концентрації переважачого аніону. Або, інакше кажучи, деякі пропоновані

підтипи (рис. 2) відсутні в природних водах, згідно з детальною класифікацією вони мають інше позначення.

Наприклад: води гідрокарбонатного класу, кальцієвої або магнієвої груп із позначками –  $C_{1б}^{Ca}$  або  $C_{1б}^{Mg}$  насправді є –  $C_{1б}^{Na}$ .

Покажемо це. Відповідно до детальної класифікації записи  $C_{1б}^{Ca}$  и  $C_{1б}^{Mg}$  позначають:  $HCO_3^-$  – переважний аніон;  $в$  –  $rHCO_3^- < 50\%$  від загального вмісту аніонів; тип I –  $rHCO_3^- > (rCa^{2+} + rMg^{2+})$ . Звідси випливає, що сума  $(rCa^{2+} + rMg^{2+}) < 50\%$ , тоді  $rNa^+ > 50\%$ , отже він визначає групу вод. Таким чином води  $C_{1б}^{Ca}$  і  $C_{1б}^{Mg}$  не існують, вони мають позначення –  $C_{1б}^{Na}$ . Інакше, в водах  $C_{I}^{Ca}$  і  $C_{I}^{Mg}$  може бути тільки  $rHCO_3^- > 50\%$ .

Другий приклад,  $C_{IIIa}^{Na}$ : переважний аніон –  $rHCO_3^-$ ; тип III –  $(rCa^{2+} + rMg^{2+}) > (rHCO_3^- + rSO_4^{2-})$ ;  $a$  –  $rHCO_3^- > 75\%$ . Значить  $(rCa^{2+} + rMg^{2+}) > 75\%$ , тоді  $rNa^+ < 25\%$ , звідси слідкує, що переважним катіоном є або  $Ca^{2+}$ , або  $Mg^{2+}$ , тобто  $C_{IIIa}^{Ca}$  або  $C_{IIIa}^{Mg}$ . В водах типа  $C_{III}^{Na}$  не може бути  $rHCO_3^- > 75\%$ .

Далі розглянемо  $Cl_{IIa}^{Ca}$ ,  $Cl_{IIб}^{Ca}$ ,  $Cl_{IIa}^{Mg}$  и  $Cl_{IIб}^{Mg}$ . Якщо в водах хлоридного класу  $rCl > 50\%$  ( $б$  або  $a$ ), то в водах II типа цього класу з характерним співвідношенням  $rNa^+ > rCl^-$  переважним катіоном є натрій:  $rNa^+ > rCl^- > 50\%$ . Значить співвідношення іонів  $Cl_{IIa}^{Ca}$ ,  $Cl_{IIб}^{Ca}$ ,  $Cl_{IIa}^{Mg}$  и  $Cl_{IIб}^{Mg}$  неможливі, вони мають позначення  $Cl_{IIa}^{Na}$  або  $Cl_{IIб}^{Na}$ .

Тепер розглянемо  $S_{IIIa}^{Na}$ . Якщо в сульфатних водах  $rSO_4^{2-} > 75\%$  ( $a$ ), то в водах III типу цього класу з характерним співвідношенням  $rCl^- > rNa^+$  сума  $(rHCO_3^- + rCl^-) < 25\%$ , звідси слідкує, що  $rCl^- < 25\%$ , тоді й  $rNa^+ < 25\%$ , значить натрій не є переважним. Води з співвідношенням іонів  $S_{IIIa}^{Na}$  насправді мають позначення або  $S_{IIIa}^{Ca}$ , або  $S_{IIIa}^{Mg}$ .

З врахуванням викладеного раніше і беручи до уваги, що згідно з базовою класифікацією Алєкіна О.А. у натрієвій групі вод відсутній четвертий тип, схема детальної класифікації [17, с.101] матиме наступний вигляд (рис. 4.3).

У цієї класифікації води одного підкласу теж можуть мати різні набори гіпотетичних солей. Згаданий недолік можна усунути, якщо типи природних вод I, II і III за Альокіним О.А. [17, с.120] поділити на підтипи (I, IIa, IIб, IIIa,

Шб, Шв) [2, 3] за схемою на рис. 4.4. У такому разі кожний підтип буде мати свій специфічний набір гіпотетичних солей.

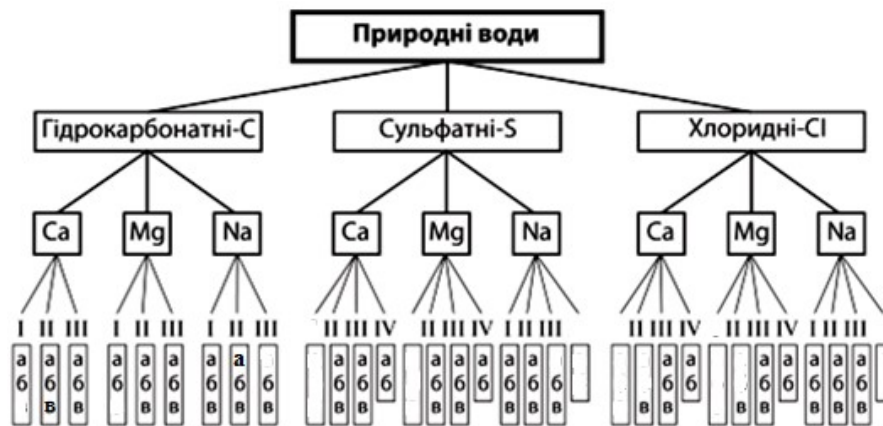


Рис. 4.3 – Схема детальної класифікації з врахуванням зроблених зауважень.

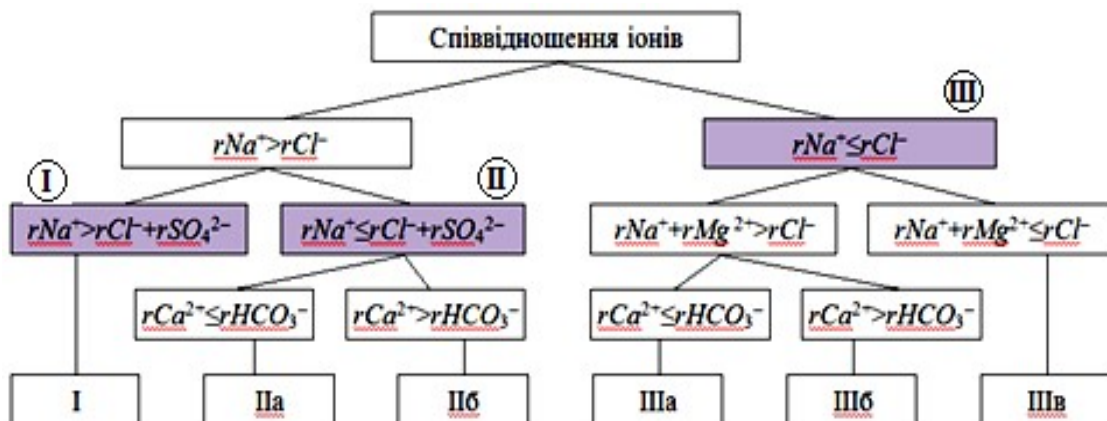


Рис. 4.4 – Схема детальної типізації іригаційних вод [3]

Розчинені у воді солі зазвичай представляють у вигляді іонів. Однак, іноді придатність води для зрошення встановлюють по співвідношенню вмісту в ній окремих видів розчинних солей [16, 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, а з  $Mg^{2+}$  і  $Ca^{2+}$  – нетоксичні. Такий аналіз токсичності іонів представлений в роботі [16, с.24]. Виділення токсичних іонів зручно виконати, якщо уявити 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 хімічному аналізі визначають вміст іонів. Але, в літературі досить часто згадується про ці солі [10, с.48, 49; 12, с.84; 14, с.201; 16, с.67; 17, с.389, 390].

Наприклад, на необхідність аналізу хімічного складу солей для вод з мінералізацією 1,5-3,0 мг/дм<sup>3</sup> вказує основоположник меліорації на радянському просторі Костяков А.Н. [10, 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 –  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  [17, с.389, 390].

У Довідковому керівництві гідрогеолога [16, 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 по прямій послідовності або по зворотній буде однаковим.

Для потреб іригації типізацію природних вод за Альокіним О.А. [17, с.120] можна уявити більш детально, розділивши типи вод на підтипи, що відрізняються набором гіпотетичних солей, в наступному порядку: I, IIа, IIб, IIIа, IIIб, IIIв. Тип IV не розглядається (хоча за співвідношенням іонів він теж може бути розбитий на три підтипи). До цього типу належать кислі болотні, шахтні і вулканічні води, а також води, сильно забруднені промисловими стоками [17, с.121]. Такі води не придатні для зрошення.

Для вод I та II типів (рис. 4.4) характерним є співвідношення іонів  $rNa^+ > rCl^-$ , для III –  $rNa^+ \leq rCl^-$ , далі [3]:



- I  $- rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}$ ;
- IIa  $- rNa^+ > rCl^-$  и  $rNa^+ \leq rCl^- + rSO_4^{2-}$  и  $rCa^{2+} \leq rHCO_3^-$ ;
- IIб  $- rNa^+ > rCl^-$  и  $rNa^+ \leq rCl^- + rSO_4^{2-}$  и  $rCa^{2+} > rHCO_3^-$ ;
- IIIa  $- rNa^+ \leq rCl^-$  и  $rNa^+ + rMg^{2+} > rCl^-$  и  $rCa^{2+} \leq rHCO_3^-$ ;
- IIIб  $- rNa^+ \leq rCl^-$  и  $rNa^+ + rMg^{2+} > rCl^-$  и  $rCa^{2+} > rHCO_3^-$ ;
- IIIв  $- rNa^+ + rMg^{2+} \leq rCl^-$ .

За взаємним врівноважуванням головних іонів в послідовності, викладеної вище, для підтипів вод можна скласти набори гіпотетичних солей (табл. 4.2) [3]:

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

В таблиці 4.2: сірим виділено область токсичних солей (іонів); в осередку таблиці на перетині стовпця і рядка стоїть концентрація (мг-екв./дм<sup>3</sup>) іонів у воді, що входять до складу гіпотетичної солі (які врівноважують один одного та складають гіпотетичну сіль).

Для перерахунку концентрації іонів з еквівалентної форми (мг-екв/дм<sup>3</sup>) в вагову (мг/дм<sup>3</sup>) необхідно їх еквівалентну концентрацію помножити на відповідні коефіцієнти, яки мають наступні значення:  $CO_3^{2-}$  – 30,00;  $HCO_3^-$  – 61,02;  $SO_4^{2-}$  – 48,03;  $Cl^-$  – 35,45;  $Ca^{2+}$  – 20,04;  $Mg^{2+}$  – 12,15;  $Na^+$  – 22,99;  $K^+$  – 39,10.

Для кожного підтипу вод в таблиці 4.2 приведені формули розрахунку

концентрації гіпотетичних токсичних солей в ваговій формі.

Таблиця 4.2 – Склад гіпотетичних солей в різних підтипах вод (послідовність врівноваження іонів взято з Довідникового керівництва гідрогеолога [16, с.67])

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Розрахунок концентрації солі за таблицею 4.2 розглянемо на прикладі вод підтипу I (табл. 3(1)). Питна сода  $NaHCO_3$  гіпотетично присутня в воді за рахунок взаємного врівноваження частини іонів  $Na^+$  і частини іонів  $HCO_3^-$ . В

еквівалентах ці частини дорівнюють  $(rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ . Вагова концентрація згаданої частини іонів натрію дорівнює  $22,99 \cdot (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ , а частина гідрокарбонат-іонів –  $61,02 \cdot (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ , звідси концентрація питної соди  $NaHCO_3$  складає  $84,01 \cdot (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ .

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 сульфата натрію ( $Na_2SO_4$ ) вони сприяють утворенню в ґрунті питної соди ( $NaHCO_3$ ), а при 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 її осолонцювання.

Води II-го типу відрізняються від вод I-го типу тим, що замість карбоната і гідрокарбоната 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 IIа і IIб в наступному [3]:

з вод підтипу IIа 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 гідрокарбоната магнію сприяють утворенню в ґрунті іншої нетоксичної солі – гіпсу ( $CaSO_4 \times 2H_2O$ ), який є меліорантом солонцюватих ґрунтів.

Підтип вод IIIа в порівнянні з IIа більш сприятливий, тому що при випаровуванні вод цього підтипу замість сульфата 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 в воді сприяє осолонцюванню ґрунту [3].

Підтипи вод IIIа і IIIб відрізняються один від одного так само, як і

підтипи вод Па і Пб: Ша – сприяє утворенню в ґрунті гідрокарбоната магнію ( $Mg(HCO_3)_2$ ), а Шб – сульфата кальцію ( $CaSO_4$ ).

У водах підтипу Шв на відміну від Шб замість сульфата 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 І-го типу [3].

Концентрація токсичних іонів (мг-екв/дм<sup>3</sup>) в різних підтипах вод наступна [3]:

- тип І –  $rCl^-$ ;  $rNa^+$ ;  $rSO_4^{2-}$  і частина гідрокарбонат-іонів, яка врівноважена частиною іонів натрію ( $rHCO_3^-$ )<sub>Na</sub> = ( $rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+}$ );

- підтип Па –  $rCl^-$ ;  $rNa^+$ ;  $rSO_4^{2-}$  і частина іонів магнію, яка врівноважена частиною сульфат-іонів ( $rMg^{2+}$ )<sub>S</sub> = ( $rCl^- + rSO_4^{2-} - rNa^+$ );

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

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

- підтип Шб –  $rCl^-$ ;  $rNa^+$ ;  $rMg^{2+}$  і частина сульфат-іонів, що врівноважена частиною іонів магнію ( $rSO_4^{2-}$ )<sub>Mg</sub> = ( $rNa^+ + rMg^{2+} - rCl^-$ );

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

Для перерахунку концентрації іона з еквівалентної форми (мг-екв/дм<sup>3</sup>) в вагову (мг/дм<sup>3</sup>) необхідно: значення еквівалентної концентрації іона помножити на його іонну вагу та розділити на валентність цього іона.

В запропонованій вище типізації іригаційних вод у кожному підтипі вод свій характерний набір гіпотетичних солей. Тому формула (1) для різних підтипів вод буде мати вигляд:

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

$$Па, Ша \quad - e(rCl) = rCl + 0,2(rSO_4^{2-}) + 0,4(rHCO_3^- - rCa^{2+}) + 5rCO_3^{2-}; \quad (7)$$

$$\text{Шб, Шб} \quad - e(rCl^-) = rCl^- + 0,2(rSO_4^{2-} + rHCO_3 - rCa^{2+}) + 5rCO_3^{2-}; \quad (8)$$

$$\text{Шв} \quad - e(rCl^-) = rCl^- + 5rCO_3^{2-}. \quad (9)$$

Слід зазначити, що відповідно ДСТУ 2730:2015 [20, с.4, 7] при наявності карбонат-іонів в усіх водах гіпотетично присутня звичайна сода. Але  $Na_2CO_3$  присутня не завжди, тому її немає в наборах гіпотетичних солей, що розташовані після схеми детальної типізації іригаційних вод (рис. 1).

Пояснимо перший варіант формула (6) запису формули (1). Для вод типу І усі сульфат-іони токсичні. Частина гідрокарбонат-іонів, що врівноважена усіма іонами магнію, в еквівалентах дорівнює їх кількості. Ще одна частина гідрокарбонат-іонів, що врівноважена частиною іонів натрію, об'єднана з карбонат-іонами (оскільки сода і звичайна, і питна є найтоксичнішими для рослин).

## 5 ПРИГАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД БАРАБОЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для оцінки якості вод Барабойського водосховища використані результати статистичної обробки вихідних даних (табл. 5.1-5.8).

Иригаційна характеристики якості вод Барабойського водосховища за різними методиками представлена в таблиці 5.8.

В теплий період (ТП) загальна мінералізація вод Барабойського водосховища в середньому складає  $507 \text{ мг/дм}^3$ . Мінливість загальної мінералізації (рис. 5.1) знаходяться в діапазоні від  $327$  до  $896 \text{ мг/дм}^3$ . Тобто, в цілому мінералізація вод не перевищує  $1 \text{ г/дм}^3$ .

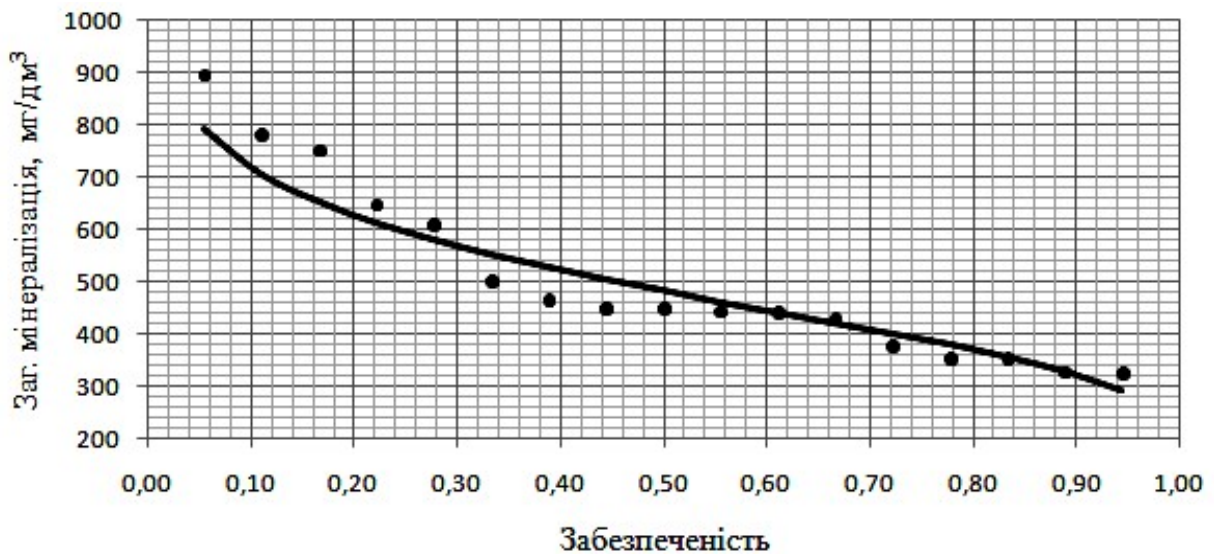


Рис. 5.1 – Мінливість мінералізації вод Барабойського водосховища

За класифікацією Альокіна О.А. [9, с. 120] води Барабойського водосховища (табл. 5) відносяться до сульфатного класу протягом 71% ТП і до карбонатного – 29% ТП, групи магнію (47% ТП) або кальцію протягом (47% ТП).

Таблиця 5.1 – Результати спостережень за якістю вод Барабойського водосховища

№	Дата	$M_0$	$rCO_3^{2-}$	$rHCO_3^-$	$rSO_4^{2-}$	$rCl^-$	$rCa^{2+}$	$rMg^{2+}$	$rNa^{2+}$
		мг/дм <sup>3</sup>							
2	22.08.2012	450	0	122	179,52	35,45	30	42,52	40,02
3	25.07.2012	430	12	122	153,12	35,45	40	42,53	25,07
4	15.05.2012	783	12	195,2	254,88	106,35	70	54,68	89,93
6	11.10.2011	502	0	134,2	204,48	35,45	40	42,53	45,08
7	12.07.2011	466	0	122	178,08	44,31	40	36,45	45,08
8	26.05.2011	443	0	146,4	128,16	53,18	60	30,38	24,61
10	07.09.2010	450	12	97,6	206,4	17,73	50	36,45	29,9
11	22.07.2010	354	0	109,8	93,12	53,18	40	18,23	40,02
12	25.06.2010	353	0	146,4	77,76	35,45	40	18,23	34,96
13	19.05.2010	445	6	152,5	135,36	35,45	50	30,38	34,96
17	24.09.2009	379	0	134,2	97,44	44,31	45	18,23	39,79
18	06.08.2009	328	0	122	60,96	53,18	45	12,15	34,96
19	17.03.2009	609	0	158,6	213,12	70,9	60	36,45	69,92
20	18.09.2008	648	0	134,2	315,36	44,31	40	78,98	34,96
21	10.04.2008	752	0	329,4	125,76	95,72	86	36,45	78,66
23	14.09.2007	327	6	122	49,92	53,18	50	6,08	40,02
24	24.04.2007	896	0	183	376,3	88,63	100	48,6	99,82

Таблиця 5.2 – Класифікація вод Барабойського водосховища за Альокінім О.А.

№	КЛАС						ГРУПА					
	хлор.	15	карбон.	30	сульф.	55	кальц.	22	натр.	28	магн.	51
2	хлор.	15	карбон.	36	сульф.	48	натр.	18	кальц.	30	магн.	52
3	хлор.	25	карбон.	30	сульф.	45	кальц.	29	натр.	34	магн.	37
4	хлор.	13	карбон.	29	сульф.	57	кальц.	26	натр.	28	магн.	46
6	хлор.	18	карбон.	29	сульф.	53	кальц.	28	натр.	30	магн.	42
7	хлор.	23	карбон.	37	сульф.	41	натр.	18	магн.	37	кальц	45
8	хлор.	7	карбон.	29	сульф.	63	натр.	22	кальц.	36	магн.	43
10	хлор.	29	карбон.	34	сульф.	37	магн.	28	натр.	35	кальц	37
11	хлор.	20	сульф.	32	карбон.	48	магн.	29	натр.	32	кальц	39
12	хлор.	15	карбон.	41	сульф.	43	натр.	25	кальц.	38	магн.	38
13	хлор.	23	сульф.	37	карбон.	40	магн.	27	натр.	33	кальц	40
17	сульф.	27	хлор.	31	карбон.	42	магн.	20	натр.	34	кальц	45
18	хлор.	22	карбон.	29	сульф.	49	кальц.	32	магн.	32	натр.	35
19	хлор.	12	карбон.	22	сульф.	66	натр.	17	кальц.	20	магн.	64
20	сульф.	24	хлор.	25	карбон.	50	магн.	28	натр.	32	кальц	40
21	сульф.	22	хлор.	32	карбон.	46	магн.	10	натр.	39	кальц	51
23	хлор.	19	карбон.	22	сульф.	59	магн.	30	натр.	33	кальц	37



Таблиця 5.3 – Оцінка якості вод Барабойського водосховища за методиками Стеблера, Можейко – Воротника і Антипова-Каратаєва – Кадера

№	Стеблер Х.			Можейко А.М., Воротник Т.К.		Антипов-Каратаєв И.Н., Кадер Г.М.		
	Тип вод	$K_i$	Оцінка якості вод	$K$	Оцінка якості вод	$0,23 \cdot M_0$	$PKO$	Оцінка якості вод
2	2	50,2	добрі	43	сприятлива	0,103	1,43	придатна
3	2	56,6	добрі	31	сприятлива	0,099	2,52	придатна
4	2	18,1	добрі	50	сприятлива	0,180	1,02	придатна
6	2	48,3	добрі	44	сприятлива	0,115	1,40	придатна
7	2	41,4	добрі	46	сприятлива	0,107	1,27	придатна
8	3	38,4	добрі	30	сприятлива	0,102	2,57	придатна
10	2	87,2	добрі	35	сприятлива	0,104	2,11	придатна
11	2	37,2	добрі	52	сприятлива	0,081	1,00	придатна
12	2	52,2	добрі	49	сприятлива	0,081	1,15	придатна
13	2	52,2	добрі	40	сприятлива	0,102	1,64	придатна
17	2	42,8	добрі	50	сприятлива	0,087	1,08	придатна
18	2	38,3	добрі	51	сприятлива	0,075	1,07	придатна
19	2	26,1	добрі	52	сприятлива	0,140	0,99	придатна
20	2	44,2	добрі	29	сприятлива	0,149	2,79	придатна
21	2	20,3	добрі	49	сприятлива	0,173	1,07	придатна
23	2	37,2	добрі	56	сприятлива	0,075	0,86	придатна
24	2	20,1	добрі	50	сприятлива	0,206	1,04	придатна

Таблиця 5.4 – Оцінка якості вод Барабойського водосховища за методиками Буданова, Департаменту сільського господарства США і Костякова

Буданов М.Ф.				Департамент сільського господарства США		Костяков А.М.	
$K_1$	$K_2$	$K_3$	Оцінка якості вод	$SAR$	небезпека осолонцювання	Загальна мінераліз.	Оцінка якості вод
1,16	0,35	0,00	не приг.	1,101	низька	450	обережн. підх.
0,55	0,20	0,00	пригодна	0,658	низька	430	обережн. підх.
1,12	0,49	0,00	не приг.	1,957	низька	783	обережн. підх.
0,98	0,36	0,00	пригодна	1,183	низька	502	обережн. підх.
0,98	0,39	0,00	пригодна	1,241	низька	466	обережн. підх.
0,36	0,19	0,00	пригодна	0,646	низька	443	обережн. підх.
0,52	0,24	0,00	пригодна	0,785	низька	450	обережн. підх.
0,87	0,50	0,00	пригодна	1,317	низька	354	добра
0,76	0,43	0,00	пригодна	1,150	низька	353	добра
0,61	0,30	0,00	пригодна	0,962	низька	445	обережн. підх.
0,77	0,46	0,00	пригодна	1,265	низька	379	добра
0,68	0,47	0,00	пригодна	1,194	низька	328	добра
1,02	0,51	0,00	не приг.	1,757	низька	609	обережн. підх.
0,76	0,18	0,00	пригодна	0,738	низька	648	обережн. підх.
0,80	0,47	0,00	пригодна	1,792	низька	752	обережн. підх.
0,70	0,58	0,00	пригодна	1,422	низька	327	добра
0,87	0,48	0,00	пригодна	2,048	низька	896	обережн. підх.

Таблиця 5.5 – Оцінка якості вод Барабойського водосховища за методиками США, Собољча – Дараба і Келлі – Либіха

№	Класифікація США	Собољч і Дараб		Келлі і Либіх		
	Мінералізація	$K_{Mg}$	Вплив	$K_{Na}$	$K_{Mg}$	Можл. використання
2	середня	70	шкідливе	0,35	0,70	не можл.
3	середня	64	шкідливе	0,20	0,64	не можл.
4	висока	56	шкідливе	0,49	0,56	можливо
6	висока	64	шкідливе	0,36	0,64	не можл.
7	середня	60	шкідливе	0,39	0,60	не можл.
8	середня	46	не шкідл.	0,19	0,46	можливо
10	середня	55	шкідливе	0,24	0,55	можливо
11	середня	43	не шкідл.	0,50	0,43	можливо
12	середня	43	не шкідл.	0,43	0,43	можливо
13	середня	50	не шкідл.	0,30	0,50	можливо
17	середня	40	не шкідл.	0,46	0,40	можливо
18	середня	31	не шкідл.	0,47	0,31	можливо
19	висока	50	шкідливе	0,51	0,50	можливо
20	висока	77	шкідливе	0,18	0,77	не можл.
21	висока	41	не шкідл.	0,47	0,41	можливо
23	середня	17	не шкідл.	0,58	0,17	можливо
24	висока	44	не шкідл.	0,48	0,44	можливо

Таблиця 5.6 – Оцінка якості вод Барабойського водосховища за методикою Бездніної С.Я.

№	I - придатні для зрошення всіх типів ґрунтів; II - придатні для зрошення більшості типів ґрунтів; III(1-5) - потребують в покращенні розбавленням; III(6,7) - потребують в хімічній меліорації; III(8-12) - потребують в хімічній меліорації і розбавленні; IV - умовно придатні; V- непридатні					
	Загальна мінераліз.	Na, % від суми катіонів	I-II	III	IV	V
2	450	26	I	—	—	—
3	430	17	I	—	—	—
4	783	33	II	—	—	—
6	502	26	II	—	—	—
7	466	28	I	—	—	—
8	443	16	I	—	—	—
10	450	19	I	—	—	—
11	354	33	I	—	—	—
12	353	30	I	—	—	—
13	445	23	I	—	—	—
17	379	32	I	—	—	—
18	328	32	I	—	—	—
19	609	34	II	—	—	—
20	648	15	II	—	—	—
21	752	32	II	—	—	—
23	327	37	I	—	—	—
24	896	33	II	—	—	—

Таблиця 5.7 – Розрахунок показника суми токсичних іонів в еквівалентах хлору для вод Барабойського водосховища

$rCO_3^{2-}$	$rHCO_3^-$	$rSO_4^{2-}$	$rCl^-$	$rCa^{2+}$	$rMg^{2+}$	$rNa^{2+}$	Тип вод	$e(rCl)$
мг-екв./дм <sup>3</sup>								
0,00	2,00	3,74	1,00	1,50	3,50	1,74	IIa	<b>1,00</b>
0,40	2,00	3,19	1,00	2,00	3,50	1,09	IIa	<b>3,00</b>
0,40	3,20	5,31	3,00	3,49	4,50	3,91	IIa	<b>5,00</b>
0,00	2,20	4,26	1,00	2,00	3,50	1,96	IIa	<b>1,00</b>
0,00	2,00	3,71	1,25	2,00	3,00	1,96	IIa	<b>1,25</b>
0,00	2,40	2,67	1,50	2,99	2,50	1,07	IIIб	<b>1,50</b>
0,40	1,60	4,30	0,50	2,50	3,00	1,30	IIб	<b>2,50</b>
0,00	1,80	1,94	1,50	2,00	1,50	1,74	IIб	<b>1,50</b>
0,00	2,40	1,62	1,00	2,00	1,50	1,52	IIa	<b>1,00</b>
0,20	2,50	2,82	1,00	2,50	2,50	1,52	IIa	<b>2,00</b>
0,00	2,20	2,03	1,25	2,25	1,50	1,73	IIб	<b>1,25</b>
0,00	2,00	1,27	1,50	2,25	1,00	1,52	IIб	<b>1,50</b>
0,00	2,60	4,44	2,00	2,99	3,00	3,04	IIб	<b>2,00</b>
0,00	2,20	6,57	1,25	2,00	6,50	1,52	IIa	<b>1,25</b>
0,00	5,40	2,62	2,70	4,29	3,00	3,42	IIa	<b>2,70</b>
0,20	2,00	1,04	1,50	2,50	0,50	1,74	IIб	<b>2,50</b>
0,00	3,00	7,83	2,50	4,99	4,00	4,34	IIб	<b>2,50</b>

Таблиця 5.8 – Результати статистичної обробки гідрохімічних спостережень на Барабойському водсх (теплій період)

Значення	$M_0$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	Строк					
										$CO_3^{2-}$	$Na_2CO_3$	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$
сер., мг/дм <sup>3</sup>	507	149	168	53,1	52,1	34,7	47,5	6,3	289					
мін., мг/дм <sup>3</sup>	327	98	49,9	17,7	30,0	6,1	24,6	3,0	135					
мак., мг/дм <sup>3</sup>	896	329	376	106	100	79,0	99,8	8,0	518					
<i>p</i> %														
Значення	Клас				Група				Тип					
сер.	хлоридно	20	карбонатно	34	сульфатні	4б	натрієво	29	кальцієво	34	магнієві	37		
<i>p</i> %			карбонатні - 29,4 сульфатні - 70,6 хлоридні - 0,0				кальцієві - 47,1 магнієві - 47,1 натрієві - 5,9						1 - 0,0 2 - 52,9 3 - 47,1	
Значення	Костяков А.М.	Бездіна С.Я.		Можейко А.М. Воропник Т.К.		Антипов-Карагаєв И.Н. Кагер Г.М.		Буданов А.М.						
сер.	$M_0$	Оцінка	$Na^+$ , %	Оцінка	$K$	Оцінка	$0,23M_0$	$PKO$	Оцінка	$K_1$	$K_2$	$K_3$	Оцінка	
<i>p</i> %	507	обережн. підх. добра - 29,4 обережн. підх. - 70,6	27	II	45,0	сприятлива - 100	0,12	1,32	придатна - 100	0,79	0,38	0,00	придатна	
				I - 64,7 II - 35,3	сприятлива - 100	придатна - 100				умовно придатна - 82,4 не придатна - 0,0 не придатна - 17,6				
Значення	Класифікація США		Стеблер X.		Департамент с/х США		Сабольч І. і Дараб К.		Келлі і Лібіх					
сер.	$M_0$	Сливість	$K_d$	Оцінка	SAR	Небезпека осолонцювання	$K_{d\phi}$	Вплив на грунти	$K_{d\phi}$	$K_{d\phi}$	$K_{d\phi}$	$K_{d\phi}$	Можливість використання	
<i>p</i> %	507	висока	35,8	добрі	1,25	низька	52	шкідливе	0,38	0,52	0,52	0,52	можливо	
		середня - 64,7 висока - 35,3		добрі - 100	низька - 100	не шкідливе - 47,1 шкідливе - 52,9			можливо - 70,6 не можливо - 29,4					

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

Загальна концентрація токсичних іонів в водах Барабойського водосховища протягом ТП в середньому складає  $289 \text{ мг/дм}^3$  (при діапазоні –  $135\div 518 \text{ мг/дм}^3$ ).

Токсичні солі водах Барабойського водосховища представлені:  $\text{NaCl}$  в середньому  $86 \text{ мг/дм}^3$  (до  $175 \text{ мг/дм}^3$ ) (за ступенем токсичності ця сіль розташовано одразу за питною содою  $\text{NaHCO}_3$ ); крім того, протягом ТП можуть ще утворитися менш токсичні солі:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у середньої кількості  $45 \text{ мг/дм}^3$  (до  $131 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 94% і  $\text{MgSO}_4$  –  $159 \text{ мг/дм}^3$  (до  $379 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100%.

Випаровування води Барабойського водосховища шаром 10 мм на площі 1 га може привести до утворення в середньому  $29 \text{ кг/га}$  (до  $52 \text{ кг/га}$ ) токсичних солей, з яких:  $8,6 \text{ кг/га}$  (до  $18 \text{ кг/га}$ ) буде  $\text{NaCl}$ ;  $4,5 \text{ кг/га}$  (до  $13,1 \text{ кг/га}$ ) –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $16 \text{ кг/га}$  (до  $38 \text{ кг/га}$ ) –  $\text{MgSO}_4$ .

Води Барабойського водосховища за класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 71% протягом ТП відносяться до 2 класу – води потребують «обережний підхід» при поливі, 29% ТП до 1 класу – «добра»; за класифікацією США (35%) – з «високою» солоністю і 65% ТП з «середньою» солоністю. При використанні для поливу вод Барабойського водосховища є ризик засолення ґрунту, але він низкий.

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

Небезпека осолонцювання:

за методикою Стеблера Х. протягом усього ТП води добрі, необмежено придатна для зрошення всіх культур;

за Антиповим-Каратаєвим І.Н. і Кадером Г.М. – води «придатні» для поливу 100% ТП;

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

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

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

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

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

За формулами (6)-(9) розраховані значення показника  $e(rCl)$  і за табл.3.4 виконано оцінка можливості іригаційного засолення ґрунту при використанні для поливу вод Барабойського водосховища за результатами термінових спостережень (табл. 5.1).

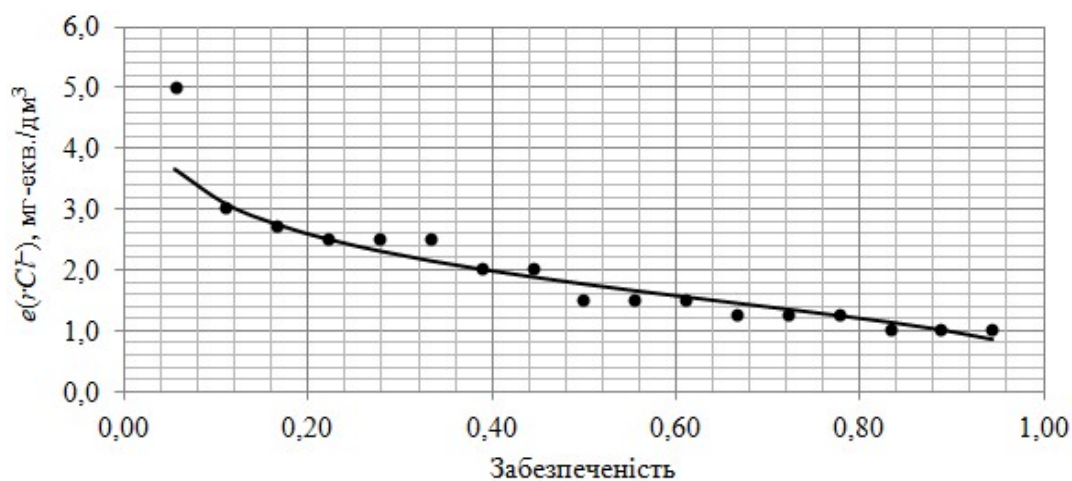


Рис. 5.2 – Розподіл значень показника  $e(rCl)$  в водах вдсх Барабойське



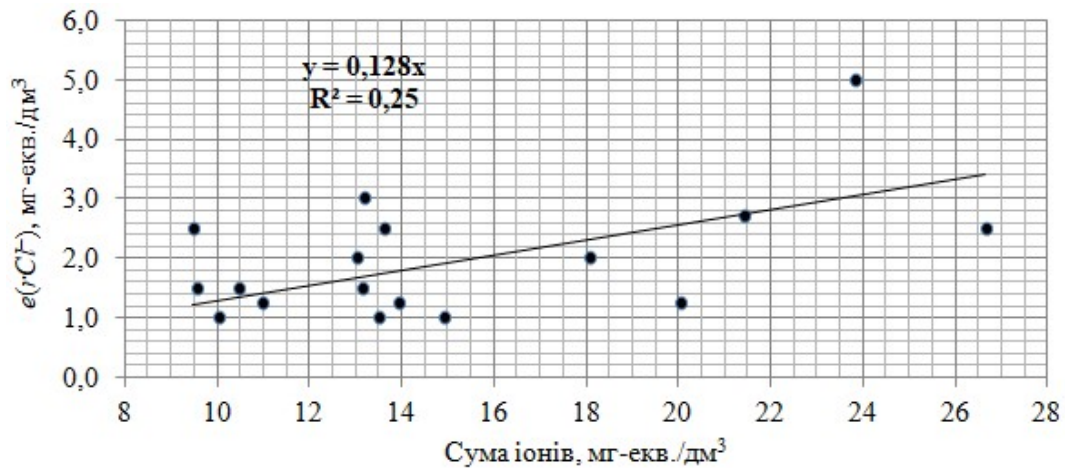


Рис. 5.3 – Зв'язок показника  $e(rCl^-)$  з сумой іонів (мг-екв./дм<sup>3</sup>)

Для вод Барабойського водосховища середнє значення показника  $e(rCl^-)$  становить 2,0 мг-екв/дм<sup>3</sup> при діапазоні 1,0-5,0 мг-екв/дм<sup>3</sup> (рис. 5.2).

Води Барабойського водосховища за небезпекою іригаційного засолення ґрунту придатні для зрошення без обмежень (клас I) усіх типів ґрунтів.

Зв'язок показника  $e(rCl^-)$  з сумой іонів (мг-екв./дм<sup>3</sup>) простежується (рис. 5.3), але він дуже слабкий ( $R^2=0,25$ ).

Таким чином, води Барабойського водосховища за мінералізацією потребують обережній підхід при поливі з ймовірністю 70%. При їх використанні можливе магнеєве осолонцювання з ймовірністю 30-50%.

## ВИСНОВКИ

1. В теплий період (ТП) загальна мінералізація вод Барабойського водосховища не перевищує  $1 \text{ г/дм}^3$ : в середньому складає  $507 \text{ мг/дм}^3$  в діапазоні від 327 до  $896 \text{ мг/дм}^3$ .

2. За класифікацією Альокіна О.А. води Барабойського водосховища відносяться до сульфатного класу протягом 71% ТП і до карбонатного – 29% ТП, групи магнію (47% ТП) або кальцію протягом (47% ТП).

3. В середньому води Барабойського водосховища відносяться до підтипу іригаційних вод Па, але умови формування їх якості такі, що протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: Па (53%), Пб (41%) і Пб (6%).

4. Концентрація токсичних іонів в водах Барабойського водосховища протягом ТП в середньому складає  $289 \text{ мг/дм}^3$  (при діапазоні –  $135\div 518 \text{ мг/дм}^3$ ).

5. Кількість гіпотетичних токсичних солей в водах Барабойського водосховища дорівнює:  $\text{NaCl}$  в середньому  $86 \text{ мг/дм}^3$  (до  $175 \text{ мг/дм}^3$ ), за ступенем токсичності (по Ковді В.А.) ця сіль розташовано одразу за питною содою  $\text{NaHCO}_3$ ; крім того, протягом ТП можуть ще утворитися менш токсична сіль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у середньої кількості  $45 \text{ мг/дм}^3$  (до  $131 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 94% і  $\text{MgSO}_4$  –  $159 \text{ мг/дм}^3$  (до  $379 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100%.

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

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

8. За методиками Собольча і Дараба, а також Келлі і Либіха при поливі водами Барабойського водосховища існує ймовірність (30-50%) магнієвого

осолонцювання ґрунту.

9. За небезпекою іригаційного засолення ґрунту води Барабойського водосховища придатні для зрошення без обмежень (клас I) усіх типів ґрунтів.

10. У цілому можна зробити висновок: при поливі води Барабойського водосховища за мінералізацією і вмістом магнію потребують обережній підхід, оскільки надлишковий полив може привести до засолення і осолонцювання ґрунтів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. На півдні України може запрацювати пілотний проект з іригації землі.  
URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-irygacija-pivden-ukrajiny/31165680.html> (дата звернення 10.05.2021).
2. Студьонова К.С., Юрасов С.М. Зіставлення іригаційних властивостей вод річок Дунай і Дністер. *Матеріали XIX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*, 25-29 травня 2020. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 149.
3. Юрасов С.М., Кузьмина В.А. Іригаційна оцінка якості вод Сасику. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2019. № 224. с.112-121.
4. Sidorencu F., Gutsul T., Bogdevic O. et al. Long-term environmental risks of pollution of the Dniester river basin by obsolete pesticides. *Proceedings of the International Conference „EU Integration and Management of the Dniester River Basin”*, Chisinau, October 8-9, 2020. Chisinau: Eco-TIRAS, 2020. pp. 282-285.
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. Слюсарев В. Н., Терпелец В. И., Швец Т. В. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Мелиоративное почвоведение». Краснодар : КубГАУ, 2014. 26 с.
10. Костяков А. Н. Основы мелиораций. Москва : Государственное из-во сельскохозяйственной литературы, 1960. 620 с.
11. Заносова В. И., Молчанова Т. Я. Оценка качества подземных вод и степени их пригодности для орошения. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017. № 6 (152). С. 49-53.
12. Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв: ученик. 3-е изд. испр. и доп. Москва : Изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова, 2003. 448 с.
13. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Издание 2-е, переработанное и дополненное. Москва : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
14. 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.
15. Астапов С. В. Мелиоративное почвоведение (практикум). Издание второе, переработанное и дополненное. Москва : Гос. издат. сельхоз. лит., 1958. 368 с.
16. Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд. перераб. и доп. Том. 1 / под ред. проф. В.М. Максимова. Ленинград : Недра, 1979. 512 с.
17. Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометеиздат, 1970. 446 с.
18. Безднина С. Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд. РГАТУ, 2013. 171 с.
19. Атаев С., Акмамедов Б. Качество воды главного коллектора туркменского озера «Алтын Асыр». *Международный научно-практический журнал*. 2012. № 3-4. С. 18-19.
20. ДСТУ 2730:2015. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії / Національний стандарт України. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 9 с.
21. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Основы гідрохімії: підручник.

Київ: Ніка-Центр, 2012. 312 с.

22. Соколова, Г. С. Природні умови та ресурси Біляївського району Одеської області = Environmental conditions and resources of Bilyaivskyi district of the Odessa region : Дипломна робота бакалавра / Г. С. Соколова; наук. кер. А. В. П'яткова; ОНУ ім. І.І. Мечникова, Геолого-геогр. ф-т, Каф. фізичної географії та природокористування. – Одеса, 2018. – 74 с.  
<http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/22495>

23. Екологічний паспорт. Одеська область.

[https://mepr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/%D0%9E%D0%B4%D0%B5%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%202016\\_r\\_k.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/%D0%9E%D0%B4%D0%B5%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%202016_r_k.pdf)

24. Барабой

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D0%B9\\_\(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D0%B9_(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0))

## ДОДАТОК

## ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Юрасов С.М., Караулов В.Д., Перченко М.Г, Юдіна Е.О., Грабко Н.В. Иригаційні властивості вод Кучурганського і Барабойського водосховищ / Український гідрометеорологічний журнал. № 27. Одеса, ОДЕКУ. 2021. с. 106-116 URL: [http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9001/1/uhmj\\_27\\_2021\\_106.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9001/1/uhmj_27_2021_106.pdf)
2. Юдіна Е. О. Екологічні проблеми Херсонської області / The 4 th International scientific and practical conference – Priority directions of science and technology development (December 20-22, 2020) SPC – Sci-conf.com.ua, Kyiv, Ukraine. 2020. p. 85-89. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2020/12/PRIORITY-DIRECTIONS-OF-SCIENCE-AND-TECHNOLOGY-DEVELOPMENT-20-22.12.20.pdf>
3. Юрасов С. М., Юдіна Е. О. Класифікація надзвичайних ситуацій / Ecology, environmental protection and balanced environmental management: education – science – production – 2020: Abstracts of XXIII International scientific conference (Kharkiv, December 17-18, 2020). – Kharkiv: KGNU, 2020. p. 85-87