аМІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *природоохоронний*
Кафедра *екології та охорони довкілля*

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: «Еколого-іригаційні властивости Кучурганського водосховища (Одеська область)»

Виконала студентка 2 курсу групи *МЕБ*-20
спеціальності 101 – Екологія
Перченко Маргарита Геннадіївна

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

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

Одеса 2022

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

Перченко Маргарити Геннадіївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «*Еколого-іригаційні властивости Кучурганського 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 і кліматична характеристика Одеської області і Біляївського району*;

2. *Характеристика Кучурганського водосховища і річки Кучурган*;

3. *Огляд методик розрахунку іригаційних показників якості вод*;

4. *Детальна типізація іригаційних вод*;

5. *Іригаційі властивостей вод Кучурганського водосховища і аналіз результатів*;

6. *Висновки*.

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

1. *Карта Одеської області*;

2. *Карта Біляївського району*;

3. *Річка Кучурган*;

4. *Кучурганське водосховище*;

5.*Схеми типизацій вод Альокіна і Хільчевського*;

6. *Схема підтипів іригаційних вод*;

7. *Часовий розподіл мінералізації вод*;

8. *Розподіл показника суми токсичних солей в еквівалентах хлору*;

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	*Фізико-географічна і кліматична характеристика Одеської області і Біляївського району. Характеристика водосховища і річки.*	14.03.2021-20.03.2021	85	4 (*добре*)
2	*Огляд методик розрахунку іригаційних показників якості вод. Типи іригаційних вод*	21.03.2021-31.03.202	85	4 (*добре*)
3	*Розрахунки іригаційних показників якості вод Кучурганського водосховища за різними методиками.*	01.04.2021-10.04.2021	85	4 (*добре*)
	Рубіжна атестація	**11.04.2021-16.04.2021**	85	4 (*добре*)
4	*Аналіз часової мінливості іригаційних властивостей вод Кучурганського водосховища. Висновки..*	25.04.2021-29.04.2021	85	4 (*добре*)
5	*Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків, переліку посилань та списку публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра*	30.04.2021-09.05.2021	85	4 (*добре*)
6	*Подання роботи керівникові на перевірку. Внесення корректив. 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.*	10.05.2021-17.05.2021	85	4 (*добре*)
7	*Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для отримання допуску до захисту. Рецензування роботи.*	18.05.22-22.05.22	85	4 (*добре*)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		85,0	В (*добре*)

Студент . *Перчинко М.Г.*

Керівник роботи *Юрасов С.М.*

АНОТАЦІЯ

Перченко М.Г. Еколого-іригаційні властивости Кучурганського водосховища (Одеська область)

Актуальність теми дослідження. Полив сільгоспугідь Одеської області і у цілому півдня України був і залишається дуже актуальним. У цьому регіоні води іригаційної якості суттево обмежени, що змушує утворювати штучні водосховища для накопичення вод з метою їх подальшого використання для поливу. В Одеської області підживлення водосховищ як правило здійснюється водами Дуню і Дністра. Їх води відповідають необхідним іригаційним кондиціям. Але, змішування природних джерел живлення водосховищ з водами Дунаю або Дністра, а також вплив місцевих чинників, під впливом яких формується якість вод, призводять до зміни властивостей водних мас.

Кучурганське водосховища має природні і штучні джерела живлення. Його живлення відбувається за рахунок вод річки Кучурган, а штучним підживленням є дністровські води в період водопілля. У цьому віпадку цікавим стає питання: яки іригаційні властивості мають води згаданого водосховища, і як ці властивості змінюються протягом теплого періоду.

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

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

Об'єкт дослідження – якість вод Кучурганського водосховища.

Предмет дослідження – оцінка мінливості іригаційних властивостей вод Кучурганського 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 Кучурганського водосховища. Зроблено спроба вдосконалення методики оцінки небезпеки іригаційного засолення ґрунту в частині розрахунку показника суми токсичних солей в еквівалентах хлору.

Результати дослідження. Протягом теплого періоду (ТП) мінералізація вод Кучурганського водосховища в середньому складає 1710 мг/дм^3 при діапазоні від 853 до 3407 мг/дм^3. В середньому води Кучурганського водосховища відносяться до підтипу IIб, але умови формування їх якості таки, що протягом ТП вони можуть бути: IIа (5,0%), IIб (80%) і IIIб (15%). За класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 90% протягом ТП води відносяться до 3 класу – «підвищено небезпечні», за класифікацією США (90%) – з «дуже високою» солоністю. При використанні для поливу вод Кучурганського водосховища є великий ризик засолення ґрунту. За класифікацією Бездніної С.Я. води Кучурганського водосховища відносяться до

категорії III(1-5). Такі води можуть використовуватися для поливу після їх розбавлення маломінералізованою водою.

Ймовірність натрієвого і магнієвого осолонцювання 45-75%.

Води Кучурганського водосховища за небезпекою іригаційного засолення ґрунту придатні для зрошення без обмежень (клас I) піщаних і супіщаних ґрунтів з ймовірністю 80-85% (часу усього теплого періоду), для легкосуглинкових і середньосуглинкових – 55-65%, важкосуглинкових – 30-35%, глинистих – 10-12%. Для піщаних і супіщаних ґрунтів води Кучурганського водосховища обмежено придатні для поливу (клас не нижче II) протягом 90-95% ТП, легкосуглинкових і середньосуглинкових ґрунтів – 85-90%, важкосуглинкових – 75%, глинистих – 60%. Відповідно непридатні для зрошення (клас III) глинистих ґрунтів з ймовірністю 40%.

Структура і обсяг роботи. Робота складається із вступу, п’яти розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Робота містить 16 таблиць і 12 рисунків. Загальний обсяг роботи – 64 сторінок. Список літературних джерел складає 24 найменування.

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

SUMMARY

Perchenko M.O. Envirronmental and Irrigation Properties of Kuchurgan Reservoir (Odessa Oblast)

Relevance of the research topic. Irrigation of agricultural lands of Odessa region and the south of Ukraine in general was and remains very relevant. Irrigation water is severely limited in this region, forcing artificial reservoirs to accumulate water for further use for irrigation. In the Odessa region, reservoirs are usually fed by the waters of the Dunya and Dniester rivers. Their waters correspond to irrigation conditions. However, the mixing of natural food sources of reservoirs with the waters of the Danube or Dniester, as well as the influence of local factors, under the influence of which the quality of water is formed, lead to changes in the properties of water masses.

Kuchurgan Reservoir has natural and artificial power sources. It is fed by the waters of the Kuchurgan River, and the Dniester waters during the flood period are artificially fed. In this case, 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 Kuchurgan Reservoir waters and their variability during the warm period of the year.

Objectives of the study: perform an analysis of existing methods for assessing the irrigation properties of water; to calculate the indicators of irrigation properties of the waters of the Kuchurgan Reservoir according to urgent observations, to analyze the temporal variability of these indicators; draw conclusions.

The object of research is the water quality of Kuchurhan reservoir.

The subject of the study is the assessment of the variability of the irrigation properties of the waters of the Kuchurhan 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 Kuchurgan reservoir. An attempt is made to improve the method of assessing the risk of irrigation salinization of the soil in terms of calculating the amount of toxic salts in chlorine equivalents.

Results of the research. During the warm period (TP), the mineralization of the waters of the Kuchurgan Reservoir averages 1710 mg / dm3 in the range from 853 to 3407 mg / dm3. On average, the waters of the Kuchurgan Reservoir belong to subtype IIb, but the conditions for the formation of their quality are such that during the TP they can be: IIa (5.0%), IIb (80%) and IIIb (15%). According to the classification of Kostyakov AM with a probability of 90% during the TP belong to class 3 - water "highly dangerous", according to the US classification (90%) - with "very high" salinity. There is a high risk of soil salinity when using the Kuchurgan Reservoir for irrigation. According to the classification of Bezdnina S.Ya. waters of the Kuchurgan Reservoir belong to category III (1-5). Such waters can be used for irrigation after dilution with low-mineralized water.

The probability of sodium and magnesium salinization is 45-75%.

The waters of Kuchurgan Reservoir are suitable for irrigation without restrictions (class I) of sandy and loamy soils with a probability of 80-85% (during the whole warm period), for light loam and medium loam - 55-65%, heavy loam - 30-35%. , clay - 10-12%. For sandy and loamy soils, the waters of the Kuchurgan Reservoir are limited to suitable for irrigation (class not lower than II) for 90-95% of TP, light loam and medium loam soils - 85-90%, heavy loam - 75%, clay - 60%. Accordingly, unsuitable for irrigation (class III) clay soils with a probability of 40%.

Structure and scope of work. The work consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of references, appendices. The work contains 16 tables and 12 figures. The total volume of work is 64 pages. The list of literature sources is 24 titles.

Key words: Kuchurgan 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 І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ І БІЛЯЇВСЬКОГО РАЙОНУ ……..…...…… 15

2 ХАРАКТЕРИСТИКА КУЧУРГАНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА І РІЧКИ КУЧУРГАН……...…..... 24

3 ОГЛЯД МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ІРИГАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОД…….…. 28

4 ТИПИ ІРИГАЦІЙНИХ ВОД……..…….. 36

5 ІРИГАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОД КУЧУРГАНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ…… 47

ВИСНОВКИ……..…….…… 59

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ……..…..…….. 61

ДОДАТОК……. 64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ДАВРУ	– державне агентство водних ресурсів України
ОДА	– обласна державна адміністрація;
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^3	– грамов в дециметрі кубічному;
мг/дм^3	– міліграмов в дециметрі кубічному;
M_O	– солоність вод (загальна мінералізація);
rNa^+	– концентрація іона в мг-экв/дм^3;
мг-экв/дм^3	– міліграм-еквівалент в дециметрі кубічному;
K_a	– іригаційний (лужний) коефіцієнт Стеблера;
K	– коефіцієнт (співвідношення іонів);
$ЄКО$	– ємності катіонного обміну;
$r\Sigma$ê	– 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^3	– 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^3	– моль в дециметрі кубічному;
ДСТУ	– Державний стандарт України;
I, IIа, IIб, IIIа, IIIб, IIIв	– підтипи іригаційних вод;
$CaSO_4 \times 2H_2O$	– гіпс;
ТП	– теплий період;
сер	– середнє значення;
min	– мінімальне значення;
max	– максимальне значення;
p%	– ймовірність (частота).

ВСТУП

Полив сільгоспугідь Одеської області і у цілому півдня України був і залишається дуже актуальним. Нещодавно державной адміністрацією Одеської області (ОДА) прийняте рішення про відновлення частини радянських мереж «Нижньодністровської» зрошувальної системи [1]. Ця система обслуговує 25-30 тис. га земель, однак, це невелика частина угідь Одещини, для яких необхідне зрошення. У такому зв'язку пошук і утворення нових джерел поливних вод, аналіз іригаційних властивостей існуючих водних об'єктів і вдосконалення методик оцінки якості іригаційних вод є актуальним завданням.

Водні ресурси іригаційної якості дуже обмежени у розглядуваному регіоні, це 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 цих річок відповідають іригаційним кондиціям [2, 3]. Але, змішування дунайських або дністровських вод природних джерел живлення водосховищ з водами штучних джерел, а також вплив місцевих чинників формування якості вод приводять до зміни властивостей водних мас в водосховищах.

Прикладом може служити водосховище Сасик, води якого після змішування з водами Дунаю придатні для зрошення лише легких, добре проникних та дренованих ґрунтів [4]. Дунайські ж води за мінералізацією і за співвідношенням головних іонів можна рахувати еталоном іригаційних вод півдня України. Вони підходять для поливу усіх типів ґрунтів протягом усього теплого періоду року [3].

Кучурганське водосховище має природні і штучні джерела живлення. Для нього природним джерелом є річка Кучурган, а штучне підживлення відбувається в період водопілля за рахунок вод р. Турунчук рукава р. Дністер. Дністровські води більш мінералізовани (в середньому приблизно в 1,4 рази) на відміну від дунайських, мають більший вміст токсичних іонів, вони сприяють утворенню в ґрунті більшої кількості токсичних солей. Тому цікавим стає

питання: яки іригаційні властивості мають води Кучурганчького водосховища, і як ці властивості змінюються за теплй період року.

Дослідження останніх років [5-8] водоємов Одещіни були спрямовані на визначення і аналіз їх гідрохімічних та гідробіологічних характеристик, іригаційні властивості цих вод не розглядались.

Метою роботи є оцінка іригаційних властивостей вод Кучурганського 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 Кучурганського водосховища.

Предмет дослідження – оцінка мінливості іригаційних властивостей вод Кучурганського водосховища.

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

Структура і обсяг роботи. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Робота містить 16 таблиць і 12 рисунків. Загальний обсяг роботи – 64 сторінок. Список літературних джерел складає 24 найменування.

Результати дослідження опубліковани у виданні ВАК (1), в сбірниках тез міжнародних конференцій (3), також використані в кафедральної науково-дослідної роботі на тему «Техногенне навантаження на складові довкілля регіонів північно-західного причорномор'я».

1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ І БІЛЯЇВСЬКОГО РАЙОНУ

Одеська область (рис. 1.1) територіально розташована на Північно-Західному Причорномор'ї 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 (33,3 тис.км^2) дорівнює 5,5% від усієї території України. Північна частина області розташована в лісостеповій, а південна – в степовій зоні. Грунтовий покрів представлено звичайними та південними чорноземами. Средньорічна температура коливається від +8,2^{0}С на півночі до +10,8^{0}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.

Рекреаційний потенціал Одещини складають Чорне море та лікувальні грязі Куяльницького лиману. У пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні 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.

Земельні ресурси – є головним природним багатством області. Вони переважно представлені чорноземами з високою природною родючістю. У поєднанні з теплим кліматом вони формують високий 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.

Узбережжя від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману (моря і лиманів) складає довжину 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, Будакський, 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 – 6 у 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˚С. Найбільш холодний місяць - лютий (-1,4˚С). Найбільш жаркий - липень-серпень 22,3˚С.

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

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

Мінімальна температура повітря склала -29,7˚С. В Одесі, а максимальна 39,1˚С. 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˚С.

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 приходиться 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 слабкого 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 напрямок.

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).

Таблиця 1.1 – Швидкості вітру

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

По швидкостях переважають слабкі вітри – 48,40%, а сильні вітри реєструвалися в 0,35% випадків. Повторюваність швидкості вітрів за різними напрямками з малою забезпеченістю наведено у табл. 1.1.

Біляївський район. Клімат розглядуваного району помірно-континентальний з відносно м'якою, легковажною і вологою зимою і жарким сухим літом [4].

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

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.).

Рис. 1.2 – Біляївський район

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.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА КУЧУРГАНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА І РІЧКИ КУЧУРГАН

2.1 Кучурганське водосховище

Кучурганське водосховище (*Кучурганський лиман*) – водосховище на річці Кучурган. Водосховище розташоване на кордоні Придністров'я (Молдова) і Одеської області (Україна) (рис.2.1, 2.2).

В 1965 р. на березі лиману, з сторони Молдови збудована електростанція – Кучурганська ДРЕС. Вона використовує водоймище як водоєм-охолоджувач. Електростанція є джерелом забруднення водойми.

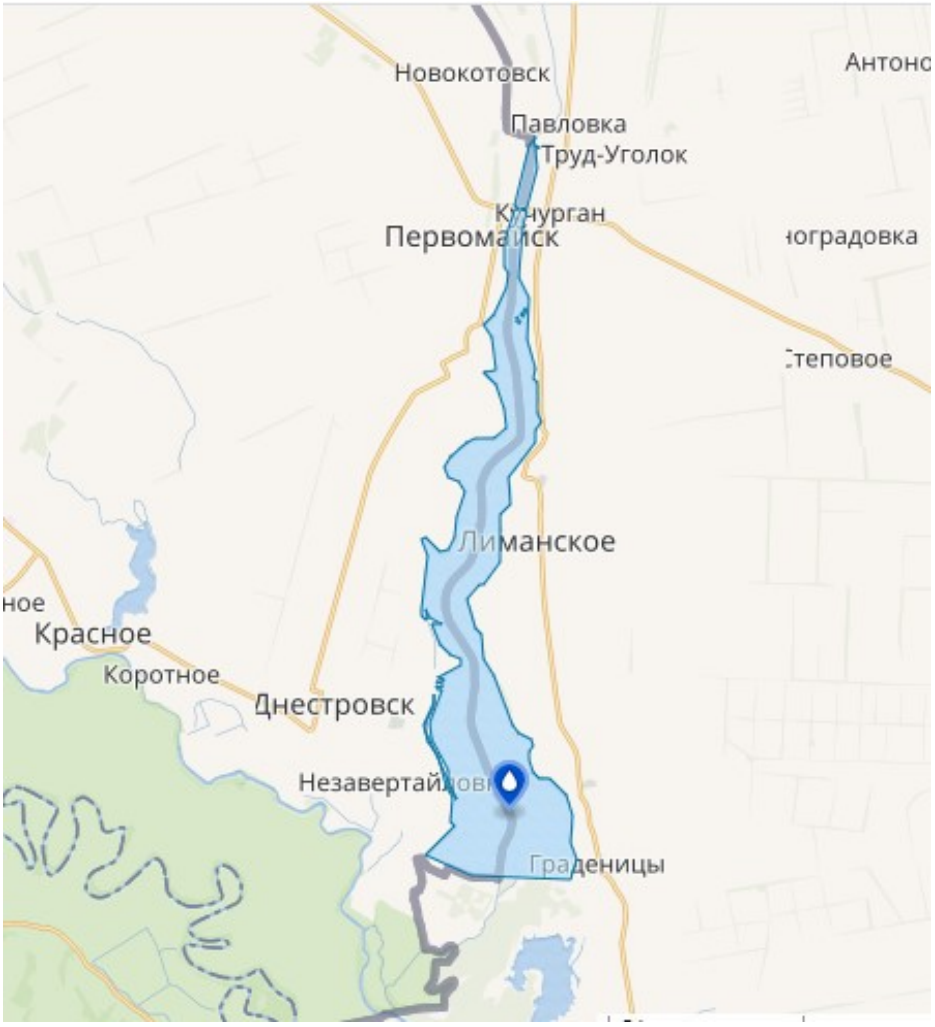

Рис. 2.1 – Розташування Кучурганського водосховища

Рис. 2.2 – Кучурганське водосховище (фото)

Водоймище (табл.. 2.1) має довжину з півночі на південь близько 17 км. Ширина в північній частині – 1,5 км, в південній – близько 3 км. Середня глибина лиману – 3,5 м, максимальна (в південній частині) – 4,2 м. Площа лиману – 2730 га. Об'єм води у водоймищі – 78 млн.м³ (за станом на 1990 р.).

Таблиця 2.1 – Характеристика Кучурганського водосховища

Розміри	17 × 1,5-3,0 км
Площа	27,3 км²
Об’єм	0,078 км³
Найбільша глибина	4,2 м
Середня глибина	3,5 м
Впадаюча річка	Кучурган

Живлення лиману здійснюється пересихаючою річкою Кучурган, що впадає в нього, а також порожніми водами Дністра через його рукав Турунчук. Дно на 80% вкрите глинистим мулом з детритом товщиною 0,5-1,0 м. Поблизу берегів дно вкрите замуленим піском (15% площі дна). Прозорість води – до 170-210 см.

У зимовий час лиман замерзає, середня тривалість замерзання – 70-80 днів. Товщина льоду у своїй досягає 10-25 див.

У лимані водиться риба, що сприяє його популярності у рибалок. Станом на 2002 рік у лимані водяться понад 30 видів риб, переважно представники сімейства коропових, окуневих, бичкових. Найчастіше зустрічаються лящ, тарань, окунь, густера, красноперка, судак, срібний карась, білий і строкатий товстолобики, білий амур, уклея, атерина, щука

Також Кучурганський лиман використовується для промислового розведення риби. Проте ближче до кінця XX століття продуктивність риборозведення сильно знизилася: якщо в 1985 сумарний вилов дорівнював 160 т (58,7 кг/га), то в 1998 він дорівнював всього лише 16 т (5,9 кг/га).

2.2. Річка Кучурган

Кучурга́н – річка в Україні, в межах Роздільнянського району Одеської області. Впадає у Кучурганське водосховище (з якого Стояновим гирлом з'єднується з лівим рукавом Дністра Турунчуком).

Довжина річки 119 км, площа водозбірного басейну 2 090 км². Долина у верхів'ї V-подібна, нижче – трапецієподібна. Заплава двостороння, завширшки 0,1-0,4 км. Річище помірно звивисте, завширшки від 5 до 46 м, на окремих ділянках утворює плеса. Похил річки 0,89 м/км. На річці споруджено водосховища та близко 50 ставків. Вода мінералізована, каламутна, з болотним присмаком, тому використовується лише на господарсько-побутові потреби.

Кучурган бере початок на південних схилах Подільської височини, на північ від села Оленівки. Тече переважно на південь і (частково) південний схід. Впадає у Кучурганське водосховище біля села Кучурган.

Річка протікає через смт Захарівку та Велику Михайлівку, а також чимало сіл.

Рис. 2.3 – Річка Кучурган

3 ОГЛЯД МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ІРИГАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОД

Використовують чотири критерії задля оцінки іригаційних кондицій вод:

- 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. Мінералізація вод визначається наступними (головними) іонами: катіонами – 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^-). Частіше за все калій розглядають у сумі з натрієм, а карбонати – з гідрокарбонатами.

Використання вод з високою мінералізацією може привести до засолення ґрунтів. Засоленням ґрунтів називають скупчення в верхньому кореневмісному шарі розчинених або поглинених солей Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $NaCl$, $CaCl_2$, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, які пригнічують або гублять сільськогосподарськи рослини, знижують врожайність і якість врожаю. Засолення може бути нейтральним (хлориди і сульфати натрію і магнію) і лужним (карбонати і гідрокарбонати натрію і магнію) [9, с.8].

За Костяковим А.Н. небезпека засолення ґрунтів за загальної мінералізацією зрошувальної води, оцінюється таким чином:

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

- [10, с.51]: до 0,4 г/дм^3 – хороша вода придатна для зрошення; від 0,4 до 1,0 г/дм^3 – обмежене застосування; від 1,0 до 3,0 г/дм^3 – підвищена небезпека для рослин; більше 3,0 г/дм^3 – вторинне засолення.

За солоністю (M_O, г/дм^3) у США використовується інша класифікація поливних вод:

- $M_O \leq 0{,}20$ – 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 показником токсичності. Граничне значення цього показника, вище якого починається пригнічення росту і розвитку сільськогосподарських культур, є порогом токсичності.

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

Таблиця 3.1 – Токсичність основних солей [10, с.9; 12, с.84; 13, 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, розташовані вище риси в табл. 3.1, шкідливі для рослин. Найтоксичнішою з них – є сода (Na_2CO_3, $NaHCO_3$), далі хлористий ($NaCl$) і сірчанокислий (Na_2SO_4) натрій, хлористий кальцій ($CaCl_2$). Меншу токсичність мають сульфат і хрорід магнію ($MgSO_4$, $MgCl_2$). Суміші солей завжди менш токсичні, ніж їх більш чисті скупчення.

За Ковдою В.А. токсичність солей располагається в наступній послідовності [12, с.386]: $Na_2CO_3 > NaHCO_3 > NaCl > CaCl_2 > Na_2SO_4 > MgCl_2 > MgSO_4$.

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

Бездніна С.Я. в класифікації вод поряд з їх мінералізацією враховує відсоткове співвідношення іонів натрію і суми катіонів (рис. 3.1).

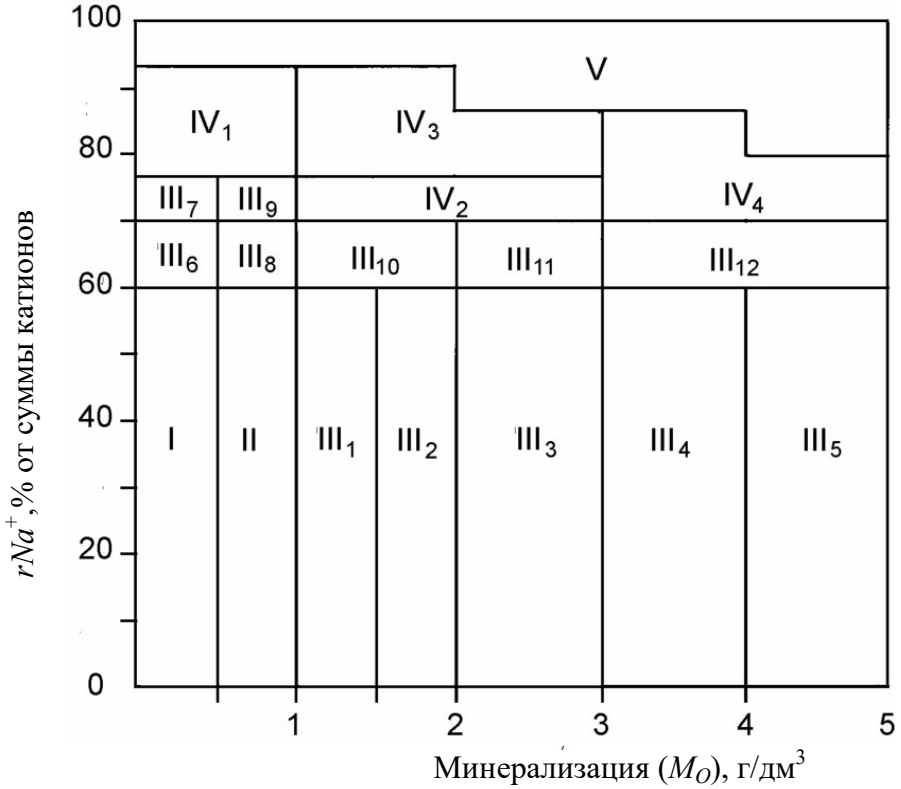

Рис. 3.1 – Класифікація мінералізованих вод за ступінем їх придатності для зрошення (Бездніна С.Я.):

I – води цілком придатні для зрошення усіх типів грунтів;

II – вод придатні для зрошення більшості типів грунтів;

III – води обмежено придатні (III_{1-5} – потребують покращення розбавленням, III_{6-7} – потребують хімічної меліорації, III_{8-12} – потребують розбавлення і хімічної меліорації);

IV – води умовно придатні (IV_1 – потребують хімічної меліорації, IV_{2-4} –

потребують розбавлення і хімічної меліорації);

V – води не придатні для зрошення.

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

$K_a = 288/(5rCl^-)$, при $rCl^- > rNa^+$ (III),

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

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

де rNa^+, rCl^-, rSO_4^{2-} – концентрація іонів, мг-экв/дм^3.

Придатність води для зрошення в цьому випадку оцінюється таким чином:

- $Ka \geq 18$ – «добра», необмежено придатна для зрошення всіх культур;
- $18 > Ka \geq 6$ – «задовільна», придатна для зрошення більшості культур в залежності від ґрунтово-кліматичних умов;
- $6 > Ka \geq 1{,}2$ – «незадовільна», обмежено придатна для зрошення солестійких культур за умови хорошого штучного дренажу, проведення промивних поливів і меліоративних заходів (наприклад, внесення емульсії гіпсу в воду);
- $Ka < 1{,}2$ – «погана», вода непридатна для зрошення.

Небезпека осолонцювання при використанні вод для зрошування за І.М. Антиповим-Каратаєвим і Г.М. Кадером [9, с.16; 11, с.16; 13, с.50] оцінюється за таким співвідношенням:

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

де: M_O – загальна концентрація розчинних солей у воді, г/дм^3;
Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ – концентрація катіонів в ммоль/дм^3.

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 (*ЄКО*) ґрунту, дорівнює $0{,}23M_O$. Тому, при $K<0{,}23M_O$ вода непридатна для зрошення.

М.Ф. Буданов – води з мінералізацією не більш 1 г/дм^3 можуть застосовуватися для зрошення при співвідношенні натрію до кальцію (K_1) не більш 1, а натрію до суми кальцію і магнію (K_2) – не більше 0,7. Води з мінералізацією 1-3 г/дм^3 при збереженні перших співвідношень, вводиться додаткова умова: сума ($r\Sigma\hat{e}$) головних іонів, поділена на суму кальцію і магнію, (K_3) не повинна перевищувати: 4 – для середньо- і важкосуглинистих ґрунтів; 5 – для легкосуглинистих 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. вважають води придатними для зрошення при умові:

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

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

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

Сабольч І. та Дараб К. вважають безпечним вміст rMg^{2+} в поливної воді, якщо [12, с.85]:

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

Келлі і Либіх встановили, що наявність Na^+ и Mg^{2+} в поливної воді не впливає шкідливе на ґрунт, якщо виконується співвідношення:

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

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

Для оцінки іригаційних вод в США використовується показник адсорбційного співвідношення (*SAR*) [9, с. 16]:

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

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

Оцінка небезпеки осолонцювання ґрунтів за *SAR* така: $SAR\leq 10$ – мала; $10<SAR\leq 18$ – середня; $18<SAR\leq 26$ – висока; $SAR>26$ – дуже висока.

Ричардс Л.А. зв’язує небезпеку осолонцювання з загальної мінералізацією та значенням *SAR* (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Ричардс Л.А. [12, 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, 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^3	Поверхневий полив	≤3	>3 ÷≤ 9	>9
	Дощування	≤3		>3
Cl^{-}, моль/дм^3	Поверхневий полив	≤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	При будь-якому поливі	≤0,7	>0,7 ÷ ≤2,9	>2,9
NO_3^{-}, мг/дм^3	При будь-якому поливі	≤5	>5 ÷ ≤30	>30

В ДСТУ 2730:2015 [20, с.4, 7] небезпека іригаційного засолення ґрунту (табл. 3.4) 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^3; $(rSO_4^{2-})_T$ – кількість токсичних сульфатів, мг-екв/дм^3; $(rHCO_3^{-})_T$ – кількість токсичних гідрокарбонатів, мг-екв/дм^3; rCO_3^{2-} – кількість токсичних карбонатів, мг-екв/дм^3.

Таблиця 3.4 – Оцінювання 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^3						Клас якості води
Піщаний	Супі-щаний	Легко-суглин-ковий	Середньо-суглин-ковий	Важко-суглин-ковий	Глинис-тий	
< 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 ТИПИ ІРИГАЦІЙНИХ ВОД

Запропонована в ДСТУ 2730:2015 [20, с. 7] методика має недоліки.

По-перше, рекомендації за визначенням токсичних іонів мають загальний характер [3, с.7] (абл.. 4.1). Ними важко користуватися на практиці.

По-друге, в формулі (1) не враховується те, що гідрокарбонат-іони можуть бути такими ж токсичними, як і карбонат-іони, завдяки утворенню у воді питної соді ($NaHCO_3$). Тому, цю частину іонів HCO_3^- в формулі (1) необхідно об'єднати з іонами CO_3^{2-}, що 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, в цієї класифікації природні води одного типу можуть мати різні набори гіпотетичних солей. Тому її використання неможливе для вдосконалення згаданой методики.

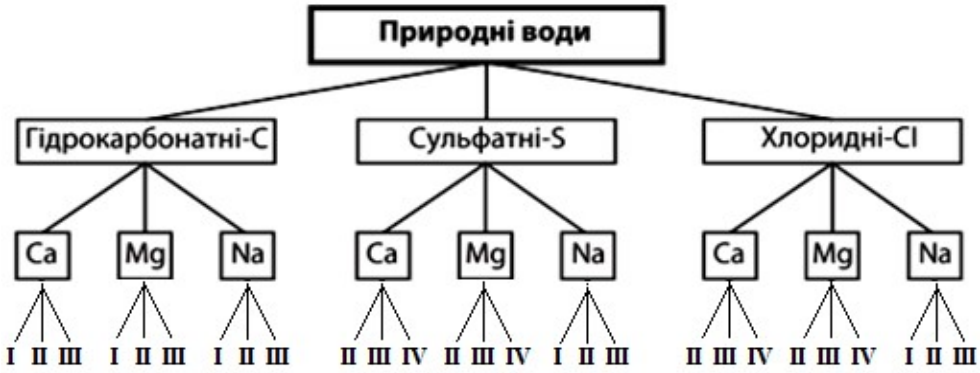

Рис. 4.1 – Класифікація природних вод за Альокіним О.А.

В роботі [21, с.101] запропоновано деталізація класифікації вод Альокіна О.А., прийнятої за базову. В основі деталізації прийнятий вміст переважаючого (класоутворюючого) аніона (рис. 4.2): підтип *а* – вміст аніона більш 75% в эквівалентах; б – від 50% до 75%; в – менш 50%.

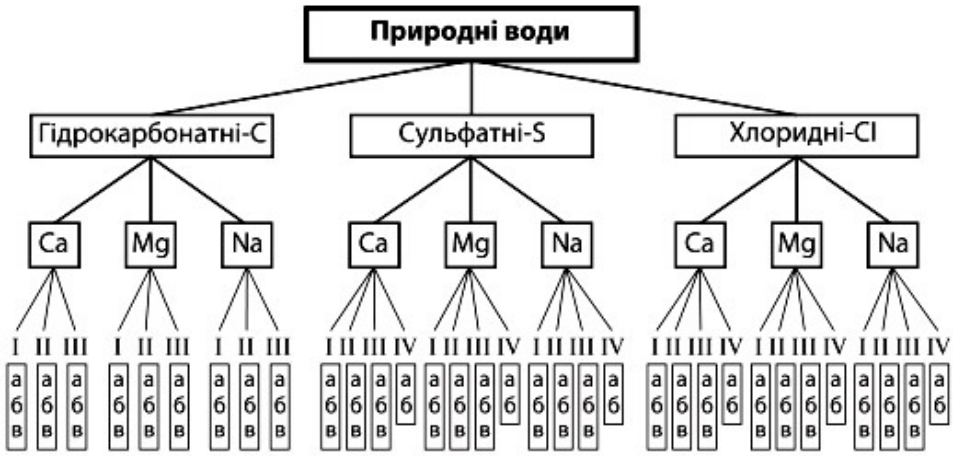

Рис. 4.2 – Схема вдосконалення [21, с.101] базової класифікації природних вод Альокина О.А.

Схема деталізації (рис. 4.2) классифікації природных вод Алёкина 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. 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.:

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

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

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

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

Розглянемо твердження – води S^{Ca}_{I}, S^{Mg}_{I}, Cl^{Ca}_{I} и Cl^{Mg}_{I} не існують.

У прийнятих позначках переважними є: аніони – SO_4^{2-} або Cl^-; катіони – Ca^{2+} або Mg^{2+}. Відповідно (2), тільки у випадку $\boldsymbol{rHCO_3^- < 50\%}$ є ймовірність того, що або SO_4^{2-}, або Cl^- можуть бути переважаючими. 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): $\boldsymbol{rHCO_3^- > (rCa^{2+} + rMg^{2+})}$. Звідси слідує, що $\boldsymbol{(rCa^{2+} + rMg^{2+}) < 50\%}$, но тоді $\boldsymbol{rNa^+ > 50\%}$, отже він є переважним і визначає групу вод, тобто, якщо суль-фатні або хлоридні води першого типу, то це лише натрієва група: S^{Na}_{I} або Cl^{Na}_{I}. Таким чином $\boldsymbol{S^{Ca}_{\mathrm{I}}}$, $\boldsymbol{S^{Mg}_{\mathrm{I}}}$, $\boldsymbol{Cl^{Ca}_{\mathrm{I}}}$ и $\boldsymbol{Cl^{Mg}_{\mathrm{I}}}$ відсутні в природних водах через неможливість такого співвідношення.

По-друге, в деяких групах природних вод неможливі значення концентрації переважаючого 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 – $C^{Ca}{}_{\text{I}в}$ або $C^{Mg}{}_{\text{I}в}$ насправді є – $C^{Na}{}_{\text{I}в}$.

Продемонструємо це. Відповідно до детальної класифікації записи $C^{Ca}{}_{\text{I}в}$ и $C^{Mg}{}_{\text{I}в}$ 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 $\boldsymbol{C^{Ca}{}_{\text{I}в}}$ і $\boldsymbol{C^{Mg}{}_{\text{I}в}}$ не існують, вони мають позначення – $C^{Na}{}_{\text{I}в}$. Інакше, в водах $C^{Ca}{}_{\text{I}}$ і $C^{Mg}{}_{\text{I}}$ може бути тільки $rHCO_3^-$>50%.

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

Далі розглянемо $Cl^{Ca}{}_{\text{II}a}$, $Cl^{Ca}{}_{\text{II}б}$, $Cl^{Mg}{}_{\text{II}a}$ и $Cl^{Mg}{}_{\text{II}б}$. Якщо в водах хлоридного класа rCl^->50% (*б* або *а*), то в водах II типа цього класа з характерним співвідношенням rNa^+>rCl^- переважним катіоном є натрій: rNa^+>rCl^->50%. Значить співвідношення іонів $\boldsymbol{Cl^{Ca}{}_{\text{II}a}}$, $\boldsymbol{Cl^{Ca}{}_{\text{II}б}}$, $\boldsymbol{Cl^{Mg}{}_{\text{II}a}}$ и $\boldsymbol{Cl^{Mg}{}_{\text{II}б}}$ неможливі, вони мают позначення $Cl^{Na}{}_{\text{II}a}$ або $Cl^{Na}{}_{\text{II}б}$.

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

З врахуванням викладеного раніше і беручи до уваги, що згідно з базовою класифікацією Алёкіна О.А. у натрієвій групі вод відсутний 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, IIа, IIб, IIIа,

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

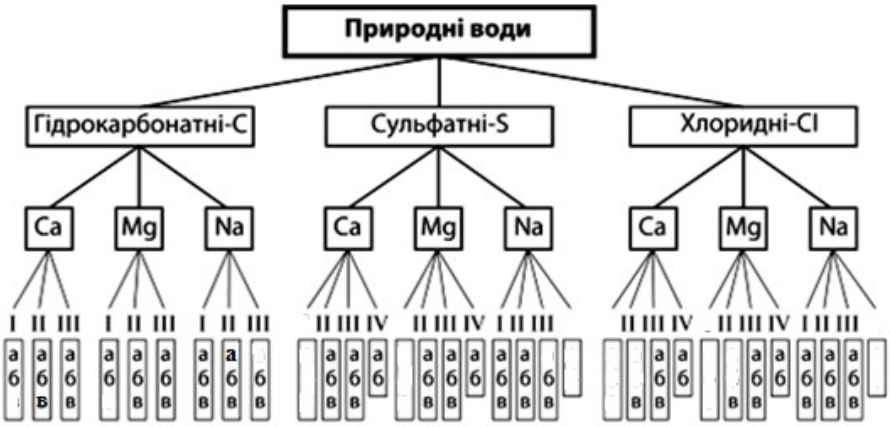

Рис. 4.3 – Схема детальной класифікації з врахуванням зроблених зауважень.

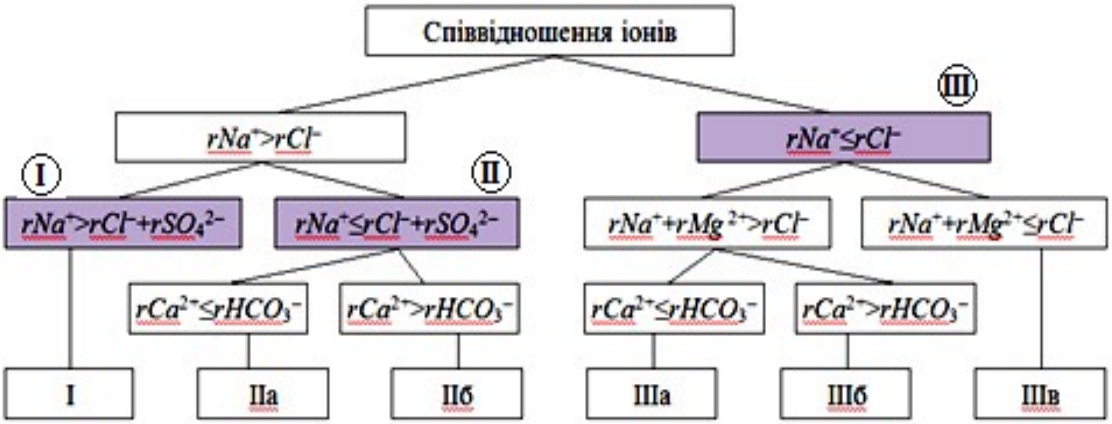

Рис. 4.4 – Схема детальної типізації іригаційних вод [3]

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 набора 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^3 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^{-} [9, 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 – $rNa^{+}>rCl^{-}+rSO_4^{2-}$;

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

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

IIIа – $rNa^{+}\leq rCl^{-}$ 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**,	**$NaHCO_3$**,	$Mg(HCO_3)_2$,	$Ca(HCO_3)_2$;
IIа	– **$NaCl$**,	**Na_2SO_4**,	**$MgSO_4$**,	$Mg(HCO_3)_2$,	$Ca(HCO_3)_2$;
IIб	– **$NaCl$**,	**Na_2SO_4**,	**$MgSO_4$**,	$CaSO_4$,	$Ca(HCO_3)_2$;
IIIа	– **$NaCl$**,	**$MgCl_2$**,	**$MgSO_4$**,	$Mg(HCO_3)_2$,	$Ca(HCO_3)_2$;
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^3) 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-экв/дм^3) в вагову (мг/дм^3) 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^3: $NaCl = 58{,}4 \times rCl^-$; $Na_2SO_4 = 71{,}0 \times rSO_4^{2-}$; $NaHCO_3 = 84{,}0 \times (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$.

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 (IIа)
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 (IIIа)
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*($rHCO_3^- – rCa^{2+} – rMg^{2+}$), а частина гідрокарбонат-іонів – 61,02*($rHCO_3^- – rCa^{2+} – rMg^{2+}$), звідси концентрація питної соди $NaHCO_3$ складає 84,01*($rHCO_3^- – rCa^{2+} – rMg^{2+}$).

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 іншой нетоксичной 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 IIа і IIб: IIIа – сприяє утворенню в ґрунті гідрокарбоната магнію ($Mg(HCO_3)_2$), а IIIб – сульфата кальцію ($CaSO_4$).

У водах підтипу IIIв на відміну від IIIб 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 I-го типу [3].

Концентрація токсичних іонів (мг-экв/дм^3) в різних підтипах вод наступна [3]:

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

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

- 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+} и 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-экв/дм^3) в вагову (мг/дм^3) необхідно: значення еквівалентної концентрації іона помножити на його іонну вагу та розділити на валентність цього іона.

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

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

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

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

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

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 I 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 ІРИГАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОД КУЧУРГАНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для оцінки якості вод Кучурганського водосховища використані результати статистичной обробки вихідних даних (табл. 5.1).

Іригаційны характеристики якості вод Кучурганського водосховища за різними методиками представлени в таблиці 5.2-5.8 і на рис.5.1, 5.2.

В теплий період (ТП) загальна мінералізація вод Кучурганського водосховища в середньому складає 1710 мг/дм^3. Мінливість загальної мінералізації (рис. 5.1) знаходяться в діапазоні від 853 до 3407 мг/дм^3. Тобто, в цілому можна вважати, що мінералізація вод перевищує 1 г/дм^3.

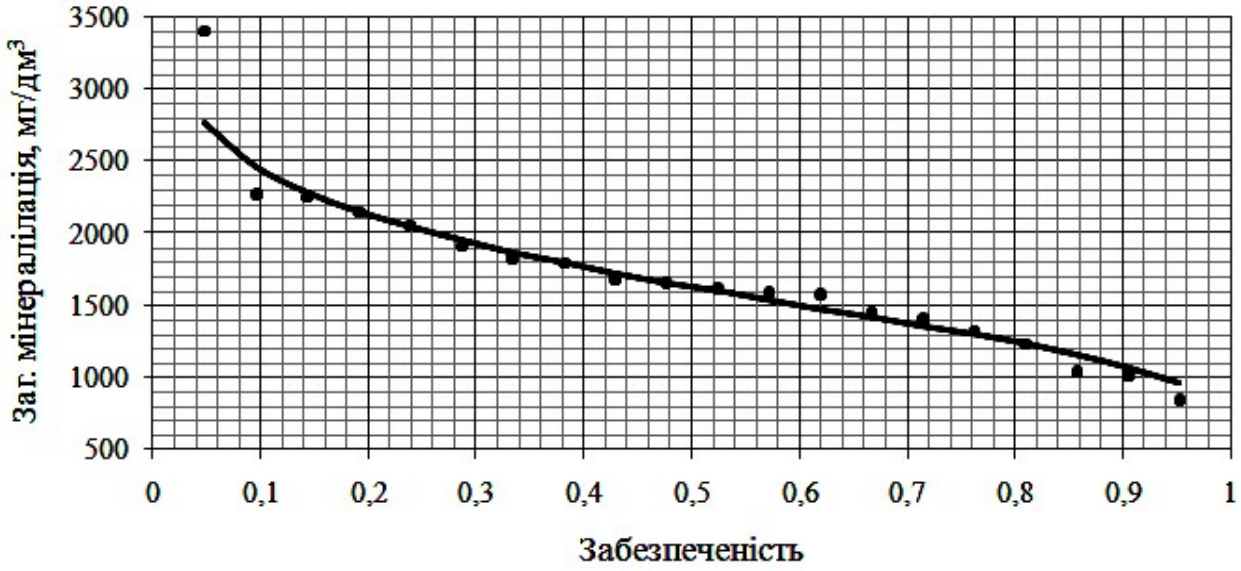

Рис. 5.1 – Мінливість мінералізації вод Кучурганського водосховища

За класифікацією Альокіна О.А. [9, с. 120] води Кучурганського водосховища (табл. 5) відносяться до сульфатного класу, групи натрію протягом 85-90% ТП.

Таблиця 5.1 – Результати спостережень за якістю вод Кучурганського водосховища (с. Кучургани, 2 км нижче мосту)

№	Дата	pH	rCO_3^{2-}	$rHCO_3^-$	rSO_4^{2-}	rCl^-	rCa^{2+}	rMg^{2+}	rNa^{2+}
			мг/дм^3						
2	21.05.2007	7,3	0,00	4,00	27,33	10,00	6,99	15,00	19,37
3	16.08.2007	7,1	0,00	3,60	19,72	13,00	6,49	12,00	17,84
6	09.06.2008	7,2	0,00	3,60	12,26	8,50	6,99	6,50	10,87
7	13.08.2008	6,7	0,00	4,00	18,11	10,50	5,74	10,99	15,88
10	28.05.2009	7,7	0,00	4,70	12,96	11,00	4,99	11,50	12,17
11	26.05.2010	7,7	0,00	3,00	13,38	8,75	5,24	7,50	12,40
12	17.09.2010	7,9	0,00	2,80	4,92	4,50	2,99	4,00	5,22
13	23.09.2010	8,2	0,40	2,80	15,18	10,00	5,49	10,50	12,40
16	22.04.2011	8	0,00	3,80	5,90	6,00	6,49	4,50	4,70
17	22.08.2011	7,1	0,00	4,20	13,72	10,00	3,99	13,50	10,43
20	17.04.2012	7,8	0,00	7,60	22,24	13,00	8,98	19,49	14,36
21	27.08.2012	8,3	0,40	2,80	18,51	12,50	7,49	11,50	15,23
22	21.10.2012	8,5	2,40	7,40	32,42	24,50	7,49	37,49	21,75
24	05.06.2013	7,5	0,00	10,00	38,86	18,50	12,48	37,49	17,39
25	24.07.2013	8,7	1,60	7,40	16,42	17,00	7,98	24,00	10,43
29	07.04.2014	8,1	0,40	8,00	19,34	14,00	7,98	21,00	12,76
30	05.08.2014	7,4	0,00	12,40	12,46	21,50	6,49	24,00	15,88
33	09.04.2015	8	0,20	7,30	18,12	16,50	8,48	19,49	14,14
34	05.06.2015	7,6	0,00	7,10	22,25	14,06	9,53	23,00	10,87
35	12.10.2015	7,8	0,00	7,50	45,43	20,75	8,73	27,99	36,98
37	30.05.2016	7,4	0,00	7,10	23,44	25,25	6,49	29,75	19,57
38	08.08.2016	8,2	2,00	12,00	4,50	10,00	3,99	9,50	15,01
39	25.10.2016	8,3	0,80	7,60	31,24	22,50	7,49	35,75	18,92
42	31.05.2017	7,5	0,00	10,90	27,21	14,50	12,97	25,49	14,14

Таблиця 5.2 – Класифікація вод Кучурганського водосховища за Альокіним О.А.

КЛАСС						ГРУППА					
карбон.	10	хлор.	24	сульф.	66	кальц.	17	магн.	36	натр.	47
карбон.	10	хлор.	36	сульф.	54	кальц.	18	магн.	32	натр.	50
карбон.	15	хлор.	35	сульф.	50	кальц.	26	кальц.	28	натр.	45
карбон.	12	хлор.	32	сульф.	56	кальц.	17	магн.	33	натр.	49
карбон.	16	хлор.	38	сульф.	45	кальц.	17	магн.	40	натр.	43
карбон.	12	хлор.	35	сульф.	53	кальц.	21	магн.	30	натр.	50
карбон.	23	хлор.	37	сульф.	40	кальц.	24	магн.	32	натр.	44
карбон.	11	хлор.	35	сульф.	53	кальц.	19	магн.	36	натр.	44
карбон.	24	сульф.	38	хлор.	38	кальц.	28	натр.	31	кальц.	41
карбон.	15	хлор.	36	сульф.	49	кальц.	14	натр.	38	магн.	48
карбон.	18	хлор.	30	сульф.	52	кальц.	21	натр.	35	магн.	45
карбон.	9	хлор.	37	сульф.	54	кальц.	22	магн.	33	натр.	45
карбон.	15	хлор.	37	сульф.	49	кальц.	11	натр.	33	магн.	56
карбон.	15	хлор.	27	сульф.	58	кальц.	18	натр.	26	магн.	55
карбон.	21	сульф.	39	хлор.	40	кальц.	19	натр.	26	магн.	56
карбон.	20	хлор.	34	сульф.	46	кальц.	19	натр.	32	магн.	49
карбон.	27	сульф.	27	сульф.	46	кальц.	14	натр.	35	магн.	51
карбон.	18	хлор.	39	сульф.	43	кальц.	20	натр.	34	магн.	46
карбон.	16	хлор.	32	сульф.	51	кальц.	22	натр.	26	магн.	52
карбон.	10	хлор.	28	сульф.	62	кальц.	12	магн.	38	натр.	51
карбон.	13	сульф.	42	хлор.	45	кальц.	11	натр.	36	магн.	53
сульф.	16	хлор.	35	карбон.	49	кальц.	14	магн.	33	натр.	54
карбон.	14	хлор.	36	сульф.	50	кальц.	12	натр.	31	магн.	57
карбон.	21	хлор.	28	сульф.	52	кальц.	24	натр.	28	магн.	48

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

Стеблер Х.			Можейко А.М., Воротник Т.К.		Антипов-Каратаев И.Н., Кадер Г.М.		
Тип вод	$K_И$	Оцінка якості вод	K	Оцінка якості вод	$0{,}23*M_0$	$ПКО$	Оцінка якості вод
2	4,9	незадов.	64	сприятлива	0,616	0,57	не прид.
2	4,1	незадов.	67	неспр.	0,532	0,52	не прид.
2	6,4	задов.	62	сприятлива	0,363	0,62	придатна
2	5,0	незадов.	66	сприятлива	0,483	0,53	придатна
2	5,1	незадов.	60	сприятлива	0,418	0,68	придатна
2	6,1	задов.	66	неспр.	0,372	0,51	придатна
2	12,4	задов.	61	сприятлива	0,183	0,67	придатна
2	5,5	незадов.	62	сприятлива	0,411	0,64	придатна
3	9,6	задов.	48	сприятлива	0,235	1,17	придатна
2	5,7	незадов.	55	сприятлива	0,403	0,84	придатна
2	4,3	незадов.	52	сприятлива	0,630	0,99	придатна
2	4,4	незадов.	62	сприятлива	0,496	0,62	придатна
3	2,4	незадов.	50	сприятлива	0,933	1,03	придатна
3	3,1	незадов.	42	сприятлива	0,975	1,44	придатна
3	3,4	незадов.	41	сприятлива	0,594	1,53	придатна
3	4,1	незадов.	48	сприятлива	0,606	1,14	придатна
3	2,7	незадов.	52	сприятлива	0,668	0,96	придатна
3	3,5	незадов.	51	сприятлива	0,607	0,99	придатна
3	4,1	незадов.	41	сприятлива	0,619	1,50	придатна
2	2,4	незадов.	67	неспр.	1,090	0,50	не прид.
3	2,3	незадов.	53	сприятлива	0,781	0,93	придатна
1	4,8	незадов.	70	неспр.	0,438	0,45	придатна
3	2,6	незадов.	48	сприятлива	0,875	1,14	придатна
3	4,0	незадов.	44	сприятлива	0,778	1,36	придатна

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

Буданов М.Ф.				Департамент сільського господарства США		Костяков А.М.	
К1	К2	К3	Оцінка якості вод	SAR	небезпека осолонцю-вання	Загальна мінераліз.	Оцінка якості вод
2,77	0,88	3,77	не прид.	5,842	низька	2679	підвищ.небезп.
2,75	0,97	3,96	не прид.	5,868	низька	2313	підвищ.небезп.
1,56	0,81	3,63	не прид.	4,188	низька	1579	підвищ.небезп.
2,77	0,95	3,91	не прид.	5,489	низька	2100	підвищ.небезп.
2,44	0,74	3,50	не прид.	4,241	низька	1819	підвищ.небезп.
2,37	0,97	3,96	не прид.	4,912	низька	1617	підвищ.небезп.
1,74	0,75	0,00	не прид.	2,794	низька	795	обережн. підх.
2,26	0,78	3,57	не прид.	4,384	низька	1789	підвищ.небезп.
0,72	0,43	2,88	ум. прид.	2,006	низька	1021	підвищ.небезп.
2,61	0,60	3,22	не прид.	3,529	низька	1754	підвищ.небезп.
1,60	0,50	3,04	не прид.	3,805	низька	2739	підвищ.небезп.
2,03	0,80	3,63	не прид.	4,943	низька	2155	підвищ.небезп.
2,91	0,48	2,98	не прид.	4,586	низька	4055	засолює
1,39	0,35	2,71	не прид.	3,480	низька	4238	засолює
1,31	0,33	2,67	не прид.	2,610	низька	2582	підвищ.небезп.
1,60	0,44	2,90	не прид.	3,351	низька	2634	підвищ.небезп.
2,45	0,52	3,06	не прид.	4,067	низька	2904	підвищ.небезп.
1,67	0,51	3,03	не прид.	3,780	низька	2638	підвищ.небезп.
1,14	0,33	2,68	не прид.	2,694	низька	2689	підвищ.небезп.
4,23	1,01	4,03	не прид.	8,629	низька	4741	засолює
3,02	0,54	3,10	не прид.	4,598	низька	3396	засолює
3,76	1,11	4,28	не прид.	5,779	низька	1903	підвищ.небезп.
2,53	0,44	2,90	не прид.	4,069	низька	3805	засолює
1,09	0,37	2,75	не прид.	3,223	низька	3381	засолює

Таблиця 5.5 – Оцінка якості вод Кучурганського водосховища за методиками США, Собольча – Дараба і Келлі – Либіха

Классифікація США	Собольч і Дараб		Келлі і Либіх		
Мінералізація	*K*	Вплив	*Na*	*Mg*	Можл. використання
дуже висока	68	шкідливе	0,88	0,68	не можл.
дуже висока	65	шкідливе	0,97	0,65	не можл.
дуже висока	48	не шкіл.	0,81	0,48	можливо
дуже висока	66	шкідливе	0,95	0,66	не можл.
дуже висока	70	шкідливе	0,74	0,70	не можл.
дуже висока	59	шкідливе	0,97	0,59	можливо
висока	57	шкідливе	0,75	0,57	можливо
дуже висока	66	шкідливе	0,78	0,66	не можл.
дуже висока	41	не шкідл.	0,43	0,41	можливо
дуже висока	77	шкідливе	0,60	0,77	не можл.
дуже висока	68	шкідливе	0,50	0,68	не можл.
дуже висока	61	шкідливе	0,80	0,61	не можл.
непридатна	83	шкідливе	0,48	0,83	не можл.
непридатна	75	шкідливе	0,35	0,75	не можл.
дуже висока	75	шкідливе	0,33	0,75	не можл.
дуже висока	72	шкідливе	0,44	0,72	не можл.
дуже висока	79	шкідливе	0,52	0,79	не можл.
дуже висока	70	шкідливе	0,51	0,70	не можл.
дуже висока	71	шкідливе	0,33	0,71	не можл.
непридатна	76	шкідливе	1,01	0,76	не можл.
непридатна	82	шкідливе	0,54	0,82	не можл.
дуже висока	70	шкідливе	1,11	0,70	не можл.
непридатна	83	шкідливе	0,44	0,83	не можл.
непридатна	66	шкідливе	0,37	0,66	не можл.

Таблиця 5.6 – Оцінка якості вод Кучурганського водосховища за методикою Бездніной С.Я.

I - пригодны для орошения всех типов почв; II - пригодны для орошения большинства типов почв; III(1-5) - нуждаются в улучшении разбавлением; III(6,7) - нуждаются в химической мелиорации; III(8-12) - нуждаются в химической мелиорации и разбавлении; IV - условно пригодны; V- непригодны					
Загальна мінераліз.	Na, % от суммы катионнов	I-II	III	IV	V
2679	47	–	III(1-5)	–	–
2313	49	–	III(1-5)	–	–
1579	45	–	III(1-5)	–	–
2100	49	–	III(1-5)	–	–
1819	42	–	III(1-5)	–	–
1617	49	–	III(1-5)	–	–
795	43	II		–	–
1789	44	–	III(1-5)	–	–
1021	30	–	III(1-5)	–	–
1754	37	–	III(1-5)	–	–
2739	34	–	III(1-5)	–	–
2155	45	–	III(1-5)	–	–
4055	33	–	III(1-5)	–	–
4238	26	–	III(1-5)	–	–
2582	25	–	III(1-5)	–	–
2634	31	–	III(1-5)	–	–
2904	34	–	III(1-5)	–	–
2638	34	–	III(1-5)	–	–
2689	25	–	III(1-5)	–	–
4741	50	–	III(1-5)	–	–
3396	35	–	III(1-5)	–	–
1903	53	–	III(1-5)	–	–
3805	30	–	III(1-5)	–	–
3381	27	–	III(1-5)	–	–

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

rCO_3^{2-}	$rHCO_3^{-}$	rSO_4^{2-}	rCl^{-}	rCa^{2+}	rMg^{2+}	rNa^{2+}	Тип вод	$e(rCl^{-})$
мг-екв./дм^3								
0,00	4,00	27,33	10,00	6,99	15,00	19,37	IIб	14,9
0,00	3,60	19,72	13,00	6,49	12,00	17,84	IIб	16,4
0,00	3,60	12,26	8,50	6,99	6,50	10,87	IIб	10,3
0,00	4,00	18,11	10,50	5,74	10,99	15,88	IIб	13,8
0,00	4,70	12,96	11,00	4,99	11,50	12,17	IIб	13,5
0,00	3,00	13,38	8,75	5,24	7,50	12,40	IIб	11,0
0,00	2,80	4,92	4,50	2,99	4,00	5,22	IIб	5,4
0,40	2,80	15,18	10,00	5,49	10,50	12,40	IIб	14,5
0,00	3,80	5,90	6,00	6,49	4,50	4,70	IIIб	6,6
0,00	4,20	13,72	10,00	3,99	13,50	10,43	IIa	12,8
0,00	7,60	22,24	13,00	8,98	19,49	14,36	IIб	17,2
0,40	2,80	18,51	12,50	7,49	11,50	15,23	IIб	17,3
2,40	7,40	32,42	24,50	7,49	37,49	21,75	IIIa	43,0
0,00	10,00	38,86	18,50	12,48	37,49	17,39	IIIб	25,8
1,60	7,40	16,42	17,00	7,98	24,00	10,43	IIIa	28,2
0,40	8,00	19,34	14,00	7,98	21,00	12,76	IIIa	19,9
0,00	12,40	12,46	21,50	6,49	24,00	15,88	IIIa	26,4
0,20	7,30	18,12	16,50	8,48	19,49	14,14	IIIб	20,9
0,00	7,10	22,25	14,06	9,53	23,00	10,87	IIIб	18,0
0,00	7,50	45,43	20,75	8,73	27,99	36,98	IIб	29,6
0,00	7,10	23,44	25,25	6,49	29,75	19,57	IIIa	30,2
2,00	12,00	4,50	10,00	3,99	9,50	15,01	I	24,1
0,80	7,60	31,24	22,50	7,49	35,75	18,92	IIIa	32,8
0,00	10,90	27,21	14,50	12,97	25,49	14,14	IIIб	19,5

Таблиця 5,8 – Результати статистичної обробки гідрохімічних спостережень на Барабойському вдсх (теплий період)

Значення	M_0	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	$C_{токс}$
сер., мг/дм^3	507	149	168	53,1	52,1	34,7	47,5	6,3	289
min, мг/дм^3	327	98	49,9	17,7	30,0	6,1	24,6	3,0	135
max, мг/дм^3	896	329	376	106	100	79,0	99,8	8,0	518

Значення	CO_3^{2-}	Na_2CO_3	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$	$NaHCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaCl_2$	$NaCl$	$MgCl_2$
сер., мг/дм^3	9,6	0,0	9,9	14,9	186	0,0	22,2	36,3	44,9	159	0,0	86,0	20,5
max, мг/дм^3	12,0	0,0	16,9	20,0	348	0,0	81,0	136	131	379	0,0	175	20,5
p%	29,4	0,0	17,6	17,6	100	0,0	47,1	47,1	94,1	100	0,0	100	5,9

Значення	Клас						Група						Тип
сер.	хлоридно	20	карбонатно	34	сульфатні	46	натрієво	29	кальцієво	34	магнієві	37	2
p%	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.		Безднина С.Я.		Можейко А.М. Воротник Т.К.		Антипов-Каратаев И.Н. Кадер Г.М.			Буданов А.М.			
	M_0	Оцінка	Na^+, %	Оцінка	K	Оцінка	$0{,}23M_0$	$ПКО$	Оцінка	K_1	K_2	K_3	Оцінка
сер.	507	обережн. підх.	27	II	45,0	сприятлива	0,12	1,32	придатна	0,79	0,38	0,00	придатна
p%	добра - 29,4 обережн. підх. - 70,6		I - 64,7 II - 35,3		сприятлива - 100		придатна - 100			придатна - 82,4 умовно придатна - 0,0 не придатна - 17,6			

Значення	Класифікація США		Стеблер Х.		Департамент с/х США		Сабольч І. і Дараб К.		Келлі і Лібіх		
	M_0	Солоність	K_H	Оцінка	SAR	Небезпека осолонцювання	K_{Mg}	Вплив на ґрунти	K_{Na}	K_{Mg}	Можливість використання
сер.	507	висока	35,8	добрі	1,25	низька	52	шкідливе	0,38	0,52	можливо
p%	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 Кучурганського водосховища відносяться до підтипу IIб, але умови формування їх якості таки, що протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: IIа (5,0%), IIб (80%) і IIIб (15%). У цілому протягом року розподіл підтипів вод у Кучурганського водосховища буде: IIа (2,6%), IIб (84,6%) і IIIб (12,8%). Тобто, і протягом року і у теплий період ймовірність появлення різних підтипів вод у Кучурганському водосховищі в районі с. Кучургани приблизно однакова.

Протягом ТП загальна концентрація токсичних солей в водах Кучурганського водосховища в середньому складає 1251 мг/дм^3 (при діапазоні – 529÷2386 мг/дм^3).

Надлишковий полив водами Кучурганського водосховища може сприяти потраплянню в ґрунт: $NaCl$ в середньої кількості 553 мг/дм^3 (до 920 мг/дм^3). За ступенем токсичності (по Ковді В.А.) ця сіль розташовано одразу за питною содою $NaHCO_3$. Крім того, протягом ТП можуть ще утворитися менш токсичні солі: Na_2SO_4 у середньої кількості 203 мг/дм^3 (до 787 мг/дм^3) з ймовірністю 85% і $MgSO_4$ – 522 мг/дм^3 (до 1543 мг/дм^3) з ймовірністю 100%.

Випаровування Кучурганської води шаром 10 мм на площі 1 га може привести до утворення в середньому 125 кг/га (до 239 кг/га) токсичних солей, з яких: 55 кг/га (до 92 кг/га) буде $NaCl$; 20 кг/га (до 79 кг/га) – Na_2SO_4; 52 кг/га (до 154 кг/га) – $MgSO_4$.

Води Кучурганського водосховища за класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 90% протягом ТП відносяться до 3 класу – води «підвищено небезпечні», за класифікацією США (90%) – з «дуже високою» солоністю. При використанні для поливу вод Кучурганського водосховища є великий ризик засолення ґрунту.

За класифікацією Бездніної С.Я. води Кучурганського водосховища відносяться до категорії III(1-5). Такі води можуть використовуватися для поливу після їх розбавлення маломінералізованою водою.

Небезпека осолонцювання:

за методикою Стеблера Х. протягом 45% ТП води незадовільні, обмежено

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

за Антиповим-Каратаєвим І.Н. і Кадером Г.М. – води «придатні» для поливу 85% ТП, і тільки 15% ТП вони «непридатні» для поливу;

за Будановим А.М. – води «непридатні» для поливу 95% ТП;

за Можейко А.М. і Воротником Т.К. – води «сприятливі» для поливу 85% ТП, «несприятливі» 5% ТП і «дуже несприятливі» 10% ТП;

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

кількість магнію у воді Кучурганського водосховища за Сабольчем І. і Дарабом К. шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 75% ТП;

за Келлі і Либіхом – 70% ТП.

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 Кучурганського водосховища за результатами термінових спостережень.

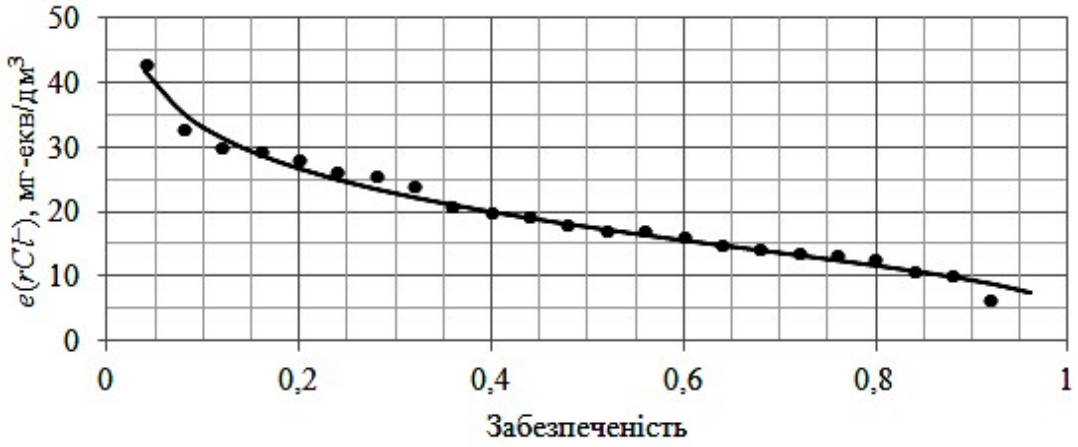

Рис. 5.2 – Розподіл значень показника $e(rCl^-)$ в водах Кучурганського водосховища

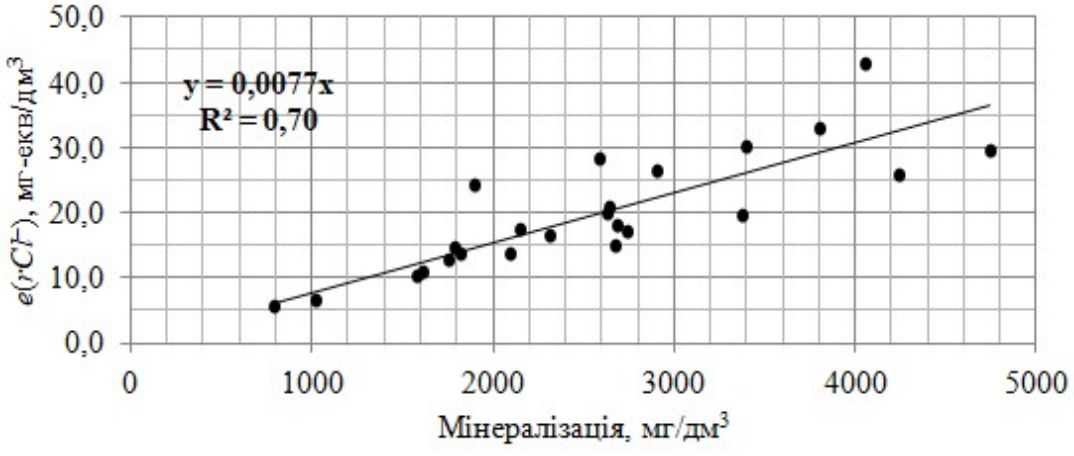

Рис. 5.3 – Зв'язок показника $e(rCl^-)$ з загальной мінералізацією Кучурганського водосховища

Для вод Кучурганського водосховища середнє значення показника $e(rCl^-)$ становить 19,7 мг-екв/дм^3 при діапазоні 5,44-43,0 мг-екв/дм^3 (рис. 5.2).

Води Кучурганського водосховища за небезпекою іригаційного засолення ґрунту придатні для зрошення без обмежень (клас I) піщаних і супіщаних ґрунтів з ймовірністю 80-85% (часу усього теплого періоду), для легкосуглинкових і середньосуглинкових – 55-65%, важкосуглинкових – 30-35%, глинистих – 10-12%.

Для піщаних і супіщаних ґрунтів води Кучурганського водосховища обмежено придатні для поливу (клас не нижче II) протягом 90-95% теплого періоду, легкосуглинкових і середньосуглинкових ґрунтів – 85-90%, важкосуглинкових – 75%, глинистих – 60%. Відповідно непридатні для зрошення (клас III) глинистих ґрунтів з ймовірністю 40%.

Для вод Кучурганського водосховища простежується достатньо щільний лінійний зв'язок (R^2=0,70) загальної мінералізації з показником суми токсичних іонів в еквівалентах хлору (рис. 5.3).

ВИСНОВКИ

1. В теплий період (ТП) загальна мінералізація вод Кучурганського водосховища не перевищує 1 г/дм^3: в середньому складає 1710 мг/дм^3 в діапазоні від 853 до 3407 мг/дм^3.

2. За класифікацією Альокіна О.А. води Кучурганського водосховища відносяться до сульфатного класу , групи натрію протягом 85-90% ТП.

3. В середньому води Кучурганського водосховища відносяться до підтипу IIб, але умови формування їх якості таки, що протягом ТП вони можуть бути наступних підтипів: IIа (5,0%), IIб (80%) і IIIб (15%).

4. Загальна концентрація токсичних солей (іонів) в водах Кучурганського водосховища протягом ТП в середньому складає 1251 мг/дм^3 (при діапазоні – 529÷2386 мг/дм^3).

5. Надлишковий полив водами Кучурганського водосховища може сприяти потраплянню в ґрунт: $NaCl$ в середньої кількості 553 мг/дм^3 (до 920 мг/дм^3). За ступенем токсичності (по Ковді В.А.) ця сіль розташовано одразу за питною содою $NaHCO_3$. Крім того, протягом ТП можуть ще утворитися менш токсичні солі: Na_2SO_4 у середньої кількості 203 мг/дм^3 (до 787 мг/дм^3) з ймовірністю 85% і $MgSO_4$ – 522 мг/дм^3 (до 1543 мг/дм^3) з ймовірністю 100%.

6. Води Кучурганського водосховища за класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 90% протягом ТП відносяться до 3 класу – води «підвищено небезпечні», за класифікацією США (90%) – з «дуже високою» солоністю. При використанні для поливу вод Кучурганського водосховища є великий ризик засолення ґрунту.

7. За класифікацією Бездніної С.Я. води Кучурганського водосховища відносяться до категорії III(1-5). Такі води можуть використовуватися для поливу після їх розбавлення маломінералізованою водою.

8. Ймовірність осолонцювання грунтів за методикою Стеблера складає 45%. Небезпека магнієвого осолонцювання дорівнює 70-75% (Соболь і Дараб; Келлі і Либіх)

9. Води Кучурганського водосховища за небезпекою іригаційного засолення ґрунту придатні для зрошення без обмежень (клас I) піщаних і супіщаних ґрунтів з ймовірністю 80-85% (часу усього теплого періоду), для легкосуглинкових і середньосуглинкових – 55-65%, важкосуглинкових – 30-35%, глинистих – 10-12%.

Для піщаних і супіщаних ґрунтів води Кучурганського водосховища обмежено придатні для поливу (клас не нижче II) протягом 90-95% теплого періоду, легкосуглинкових і середньосуглинкових ґрунтів – 85-90%, важкосуглинкових – 75%, глинистих – 60%. Відповідно непридатні для зрошення (клас III) глинистих ґрунтів з ймовірністю 40%.

10. Води Кучурганського водосховища обмежено придатні для поливу

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. Sidorenco 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 басейном 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 басейном 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 : Гидрометеоиздат, 1970. 446 с.
18. Безднина С. Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд. РГАТУ, 2013. 171 с.
19. Атдаев 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., Осадчій В.І., Курило С.М. Основи 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
24. Кучурган 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

ДОДАТОК А

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Юрасов С.М., Караулов В.Д., Перченко М.Г, Юдина Е.О., Грабко Н.В. Іригаційні 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
2. Техногенне навантаження на складові довкілля регіонів північно-західного причорномор'я: Звіт про НДР кафедри ЕОД (проміжний). Одеса, ОДЕКУ, 2021.