

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний  
Кафедра екології та охорони довкілля

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**  
на тему: «Іригаційні властивості вод малих річок Одеської області (на  
прикладі річки Сарата)»

Виконала студентка 2 курсу групи МОС-22  
спеціальності 101 – Екологія  
Білоус Мирослава Ярославівна

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 Екологія та охорона навколишнього середовища  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри  
екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

«23» жовтня 2023 року

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

Білоус Мирослави Ярославівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Іригаційні властивості вод малих річок Одеської області (на прикладі річки Сарата)»

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «16» жовтня 2023 року № 215“С”

2. Строк подання студентом роботи «30» жовтня 2023 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 басейну річки Сарата;

2. Характеристика річки Сарата;

3. Загальні принципи оцінки іригаційних властивостей вод;

4. Детальна типізація іригаційних вод;

5. Оцінка іригаційних властивостей вод річки Сарата;

6. Висновки.

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

1. Карта Одеської області;

2. Карта Саратовського району;

3. Річка Сарата;
4. Схеми типизацій вод Альокіна і Хільчевського;
5. Схема типизацій іригаційних вод;
6. Розподіл мінералізації вод;
7. Розподіл показника суми токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «23» жовтня 2023 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 р.Сарата. Характеристика річки.</i>	23.10.23-28.10.23	90	(відмінно)
2	<i>Загальні принципи оцінки іригаційних властивостей вод. Детальна типізація іригаційних вод</i>	29.10.23-05.11.23	90	(відмінно)
3	<i>Розрахунки іригаційних властивостей вод р. Сарата за різними методиками.</i>	06.11.23-12.11.23	90	(відмінно)
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>13.11.23-17.11.23</b>	<b>90</b>	<b>(відмінно)</b>
4	<i>Аналіз часової мінливості іригаційних властивостей вод р. Сарата. Висновки.</i>	18.11.23-27.11.23	90	(відмінно)
5	<i>Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків, переліку посилань та списку публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра</i>	28.11.23-09.12.23	90	(відмінно)
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>	10.12.23-12.12.23	90	(відмінно)
7	<i>Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для отримання допуску до захисту. Рецензування роботи.</i>	13.12.23	90	(відмінно)
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		90,0	

Студент

Білоус М.Я.

Керівник роботи

Юрасов С.М.

## АНОТАЦІЯ

*Білоус М.Я. Іригаційні властивості вод малих річок Одеської області (на прикладі річки Сарата)*

**Актуальність теми дослідження.** Полив сільськогосподарських угідь є актуальною проблемою, на даний момент, для Одеського регіону. Режим зрошування на полях разом із світлом та теплом є вирішальним чинником для росту рослин. Окремим власникам земель пощастило працювати у районах де дуже часто ідуть дощі, а тому, випадає достатня кількість опадів для задоволення високоякісної іригації ґрунтів на їх полях. Тим не менш, більшу частину земель все одно доводиться штучно зрошувати, щоб систематично покривати нестачу води, саме тому крапельне зрошення користується дуже великим попитом у цілому світі.

У сьогочасному сільському господарстві зрошування сільськогосподарських культур набуває дедалі більшого значення, та за допомогою прогресу, може відбуватись під повним контролюванням людини. Існує багато різних видів та способів зрошення, наприклад: крапельне, підґрунтове, чи аерозольне зрошення полів, вони стають дедалі популярнішими, широковідомими та доступнішими для фермерських господарств.

Іригація або зрошення полів – одна з головних умов прибільшення сільськогосподарського виробництва, тому що правильний обробіток ґрунту цілком повністю сприяє цьому процесу. Тому іригація полів є однією з основних складових для одержання гарного врожаю сільськогосподарських культур на полях. Для отримання хороших врожаїв та загального ефективного управління полями у районах із малими рівнями опадів штучне зрошення полів відіграє чи не основну роль. Оскільки, при браці вологи зменшується постачання до коренів рослин поживних (живильних) речовин, і також підвищується температура приземного шару повітря та температура ґрунту і зменшується його вологість, що також призводить до негативного впливу на

інтенсифікацію врожайності полів.

**Метою роботи** є оцінка еколого-іригаційних властивостей вод річки Сарата та їх мінливості протягом теплого періоду року.

**Об'єкт дослідження** – іригаційні властивості річкових вод.

**Предмет дослідження** – оцінка мінливості еколого-іригаційних властивостей вод річки Сарата.

**Елементи наукової новизни** полягають у визначенні просторово-часових особливостей мінливості іригаційних властивостей вод річки Сарата та у подальшому розвитку методики оцінки іригаційного засолення ґрунту в ДСТУ 2730:2015.

**Матеріали і методи дослідження.** Матеріалами досліджень послужили результати гідрохімічних спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів 2007-2017 рр., нормативні та технічні джерела літератури.

При дослідженні використані методи математичної статистики та лінійного регресійного аналізу.

**Обсяг і структура роботи.** Кваліфікаційна магістерська робота викладена на 72 сторінках комп'ютерного тексту. Вона складається із вступу, переліку умовних скорочень, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Робота проілюстрована 10 таблицями і 26 рисунками. Список використаної літератури налічує 21 найменування.

**Ключові слова:** малі річки, Сарата, якість вод, іригаційні властивості, мінливість, сільгоспугіддя.

## ABSTRACT

***Bilous M.Ya. Irrigation properties of waters at small rivers in the Odesa oblast (on the case study of the Sarata River)***

***Relevance of the research topic.*** Irrigation of agricultural land is an urgent problem, at the moment, for the Odesa region. The irrigation regime in the fields, together with light and heat, is a decisive factor for plant growth. Some landowners are lucky enough to work in areas where it rains very often, and therefore, enough precipitation falls to satisfy high-quality soil irrigation in their fields. Nevertheless, most of the land still has to be artificially irrigated to systematically cover the lack of water, which is why drip irrigation is in very high demand throughout the world.

In modern agriculture, crop irrigation is becoming more and more important, and with the help of progress, it can take place under complete human control. There are many different types and methods of irrigation, for example: drip, subsoil, or aerosol irrigation of fields, they are becoming more and more popular, widely known and affordable for farms.

Irrigation or irrigation of fields is one of the main conditions for increasing agricultural production, because the correct cultivation of the soil completely contributes to this process. Therefore, field irrigation is one of the main components for obtaining a good harvest of agricultural crops in the fields. For good yields and overall effective field management in areas with low rainfall, artificial field irrigation plays an almost essential role. Because, with a lack of moisture, the supply of nutrients to the roots of plants decreases, and the temperature of the surface layer of the air and the temperature of the soil increases and its humidity decreases, which also leads to a negative impact on the intensification of the yield of fields.

***The purpose of the work*** is to assess the ecological and irrigation properties of the waters of the Sarata River and their variability during the warm period of the year.

***The object*** of research is the irrigation properties of river waters.

***The subject*** of the study is the assessment of the variability of the ecological and irrigation properties of the waters of the Sarata River.

***The elements of scientific novelty*** consist in the spatio-temporal analysis of the variability of the irrigation properties of the waters of the Sarata River, and in the further development of the methodology for the assessment of irrigation soil salinity in *DSTU 2730:2015*.

***Research materials and methods***. The research materials were the results of hydrochemical observations of the Odesa Regional Water Resources Department in 2007-2017, normative and technical literature sources.

The research used the methods of mathematical statistics and linear regression analysis.

***Scope and structure of work***. The qualifying master's thesis is presented on 72 pages of computer text. It consists of an introduction, a list of conventional abbreviations, five chapters, conclusions, a list of used sources, and an appendix. The work is illustrated with 10 tables and 26 figures. The list of used literature includes 21 names.

***Key words***: small rivers, Sarata, water quality, irrigation properties, variability, agricultural land.



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП .....	10
1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ РОЗТАШУВАННЯ БАСЕЙНА РІЧКИ САРАТА.....	12
2 ХАРАКТЕРИСТИКА РІЧКИ САРАТА .....	21
3 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ІРИГАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	23
4 ДЕТАЛЬНА ТИПІЗАЦІЯ ІРИГАЦІЙНИХ ВОД.....	31
5 ОЦІНКА ІРИГАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОД РІЧКИ САРАТА .....	44
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	67
ДОДАТОК.....	70

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>	– грамів 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;
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	– гіпс;
ТПР	– теплий період року;
<i>сер</i>	– середнє значення;
<i>min</i>	– мінімальне значення;
<i>max</i>	– максимальне значення;
<i>p%</i>	– ймовірність (частота).

## ВСТУП

**Актуальність проблеми.** Полив сільськогосподарських угідь є актуальною проблемою, на даний момент, для Одеського регіону. Режим зрошування на полях разом із світлом та теплом є вирішальним чинником для росту рослин. Окремим власникам земель пощастило працювати у районах де дуже часто ідуть дощі, а тому, випадає достатня кількість опадів для задоволення високоякісної іригації ґрунтів на їх полях. Тим не менш, більшу частину земель все одно доводиться штучно зрошувати, щоб систематично покривати нестачу води, саме тому крапельне зрошення користується дуже великим попитом у цілому світі.

У сьогочасному сільському господарстві зрошування сільськогосподарських культур набуває дедалі більшого значення, та за допомогою прогресу, може відбуватись під повним контролюванням людини. Існує багато різних видів та способів зрошення, на приклад: крапельне, підґрунтове, чи аерозольне зрошення полів, вони стають дедалі популярнішими, широковідомими та доступнішими для фермерських господарств.

Іригація або зрошення полів – одна з головних умов прибільшення сільськогосподарського виробництва, тому що правильний обробіток ґрунту цілком повністю сприяє цьому процесу. Тому іригація полів є однією з основних складових для одержання гарного врожаю сільськогосподарських культур на полях. Для отримання хороших врожаїв та загального ефективного управління полями у районах із малими рівнями опадів штучне зрошення полів відіграє чи не основну роль. Оскільки, при браці вологи зменшується постачання до коренів рослин поживних (живильних) речовин, і також підвищується температура приземного шару повітря та температура ґрунту і зменшується його вологість, що також призводить до негативного впливу на інтенсифікацію врожайності полів.

**Метою роботи** є оцінка еколого-іригаційних властивостей вод річки Сарата і їх мінливості протягом теплого періоду року. за даними

**Об'єкт дослідження** – іригаційні властивості річкових вод.

**Предмет дослідження** – оцінка мінливості еколого-іригаційних властивостей вод річки Сарата.

**Елементи наукової новизни** полягають у визначенні просторово-часових особливостей мінливості іригаційних властивостей вод річки Сарата та у подальшому розвитку методики оцінки іригаційного засолення ґрунту в ДСТУ 2730:2015.

**Матеріали і методи дослідження.** Матеріалами досліджень послужили результати гідрохімічних спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів 2007-2017 рр., нормативні та технічні джерела літератури.

При дослідженні використани методи математичної статистики та лінійного регресійного аналізу.

**Обсяг і структура роботи.** Кваліфікаційна магістерська робота викладена на 72 сторінках комп'ютерного тексту. Вона складається із вступу, переліку умовних скорочень, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Робота проілюстрована 10 таблицями і 26 рисунками. Список використаної літератури налічує 21 найменування.

# 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ РОЗТАШУВАННЯ БАСЕЙНА РІЧКИ САРАТА

## 1.1 Одеська область

Одеська область (рис. 1.1) є найбільшою за територією областю України, розташована на південному заході країни. Вона займає територію Північно-Західного Причорномор'я від гирла Дунаю до Тилігульського лиману (довжина морської берегової лінії в межах області перевищує 300 км) і простягається від моря на північ, у глиб суші на 200-250 км. Одеська область одна з найрозвиненіших областей України в економічному, туристичному, культурному та науковому напрямках. На півночі Одеська область межує з Вінницькою та Кіровоградською областями, на сході - з Миколаївською областю, на заході - з Республікою Молдова та Придністровською Молдавською Республікою, на південному заході - з Румунією. Державний кордон у межах області простягається на 1362 кілометри.

Площа Одеської області складається із 5,5% території України (33310 км<sup>2</sup>). Південна частина області розташована в степовій, а північна - в лісостеповій зоні. Ґрунтовий покрив переважно складається із звичайних та південних чорноземів. Середньорічна температура повітря знаходиться в межах від +8,2<sup>0</sup>С на півночі області до +10,8<sup>0</sup>С на півдні. Вегетаційний період триває від 180 до 210 діб. Середньорічна кількість опадів коливається від 340 мм на півдні до 460 мм на півночі області. Чорне море та Куяльницький лиман із його лікувальними грязями створюють надзвичайно високий рекреаційний потенціал Одещини. Водно-болотні угіддя, високоцінні й унікальні природні комплекси, екосистеми, які знаходяться у пониззі великих річок таких як Дністер і Дунай та лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні 5 формують високий біосферний потенціал регіону, який має національне і міжнародне значення. Природне середовище сприятливе для вирощування таких сільськогосподарських культур, як: озима пшениця, кукурудза, ячмінь,

просо та соняшник.

Провідним природним надбанням області є її земельні ресурси, які представлені головним чином чорноземними ґрунтами із високоякісною природною врожайністю. У поєднанні з теплим степовим кліматом вони породжують високу сільськогосподарську (агропромислову) здатність регіону.

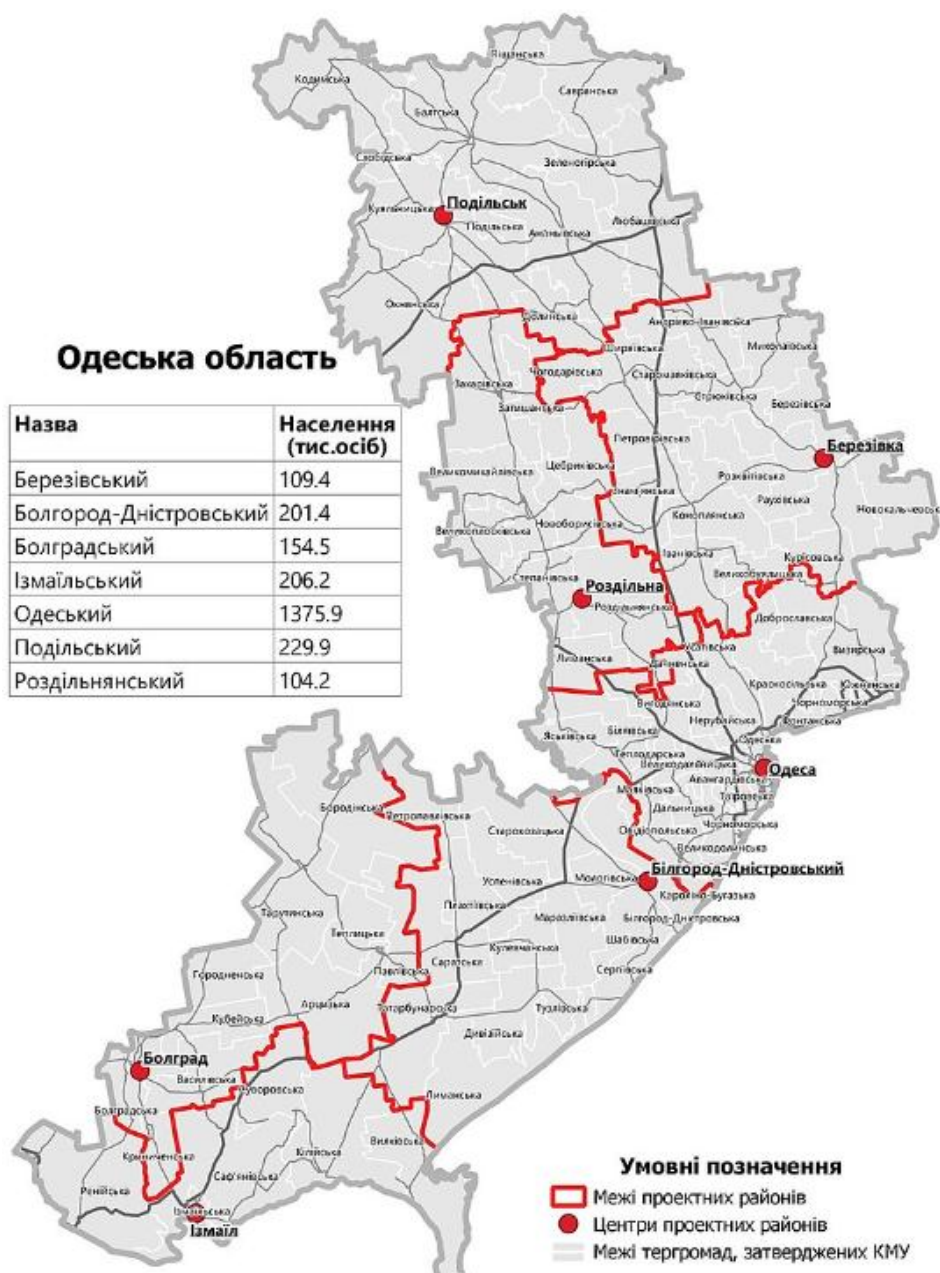


Рис.1.1 – Одеська область



Земельний фонд Одеської області (3331,4 тис.га) характеризується надзвичайно високим рівнем засвоєння. Питома вага земель агропромислового призначення складає 2660 тис.га, з яких рілля – 2074 тис.га. У будові земель сільськогосподарські угіддя займають 79,9 процентів, у тому ж числі рілля – 62,3 процентів. 53,1 тис.га. займають землі житлової та громадської забудови.

Довжина морських та лиманних узбережжів від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману досягає 300 кілометрів. На просторах Одеської області знаходяться такі прісноводні озера, як: Кагул, Ялпуг, Катлабух, солоні озера – Сасик, Шагани, Алібей, Бурнас, а також Хаджибейський і Куяльницький лимани, які є дуже відомі своїми лікувальними грязями та їх властивостями. Водопостачання Одеської області реалізовується як із поверхневих джерел, так і через підземні джерела. На території області розміщені 1134 малі річки та струмки, 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 є малолісною та лісодефіцитною, саме тому утворення лісових насаджень є головною задачею державних лісогосподарських підприємств. Для того, щоб довести Одеську область до лісистості оптимальної яка є науковообґрунтована і складає –9%, (при якій ліси найефективніше впливають на клімат, ґрунти, водні ресурси та протидіють ерозійним процесам) необхідно посадити 100 тис.га нових лісових насаджень. За рахунок еродованих земель та схилів планується збільшення лісистості області від 6% до 9%. Головна мета заліснення – припинення інтенсивних процесів вітрової та водної ерозії.

На території Одеської області створено та функціонує 123 об'єкта природно-заповідного фонду станом на 01.01.2017р. загальною площею 160,0 тис.га, з них 16 об'єктів загальнодержавного значення та 107 об'єктів -

місцевого значення. На частку заповідного фонду припадає 4,5 % від загальної площі області («показник заповідності»). 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. Одеська область є окремою одиницею морського фасаду України. Вона розташована на перехресті 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 Азово-Чорноморський басейн із росією (аж до Санкт-Петербурга і Мурманська), Казахстаном, Туркменістаном, Азербайджаном, Іраном, забезпечуючи виходи до Каспійського, Балтійського і Білого морів. Геополітичне положення Одещини викликане 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<sup>o</sup>C. Найхолодніший місяць - лютий (-1,4<sup>o</sup>C). Найжаркіший - липень-серпень і складає 22,3<sup>o</sup>C.

Абсолютна амплітуда коливань температури повітря дорівнює 68,8<sup>o</sup>C - від абсолютного максимуму 39,1<sup>o</sup>C до абсолютного мінімуму -29,7<sup>o</sup>C.

Найбільш холодними місяцями року є січень та лютий, середньомісячна їх температура відповідно дорівнює від -1,6 до -1,4<sup>o</sup>C по багаторічних даних ГМС Одеса-порт. Найбільш теплий місяць - липень, середньомісячна температура якого складає 22,4<sup>o</sup>C.

Мінімальна температура повітря в Одесі складала  $-29,7^{\circ}\text{C}$ , а максимальна температура повітря досягала  $39,1^{\circ}\text{C}$ . У районі який розглядався середньодобова температура повітря переходить до негативних значень від 22 до 27 грудня, а навесні до позитивних температур - наприкінці лютого - початку березня. Кількість днів із негативною температурою коливається від 59 до 119 днів у році. Середня багаторічна температура повітря складає за даними Одеса - порт  $10,1^{\circ}\text{C}$ .

*Вологість повітря.* Середньомісячна абсолютна вологість повітря коливається від 5,0 до 18,4 мб. Відносна вологість повітря – від 68% (липень) до 86% (січень). Річний хід відносної вологості повітря протилежний річному ходу температури повітря. Найбільше значення відносної вологості відмічається у холодний період року: у грудні, січні та лютому - середньомісячні значення рівні від 87 до 86%, а самі менші середньомісячні значення фіксуються в липні та серпні і складають близько 68 - 70%. Цілковитий мінімум відносної вологості спостерігався в червні місяці і складав лишень 22%. Абсолютна вологість повітря має найбільші значення в теплі місяці літа - 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 довгорічна сума опадів дорівнює 367 мм. Для деяких окремих років вона змінювалася від 300 до 576 мм у рік. Напротязі року спостерігається (у середньому) 110 днів із дощем, велика частка яких припадає на холодний період року, коли наблюдаються 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 переважаючими для даного району є вітри північного і північно-східного напрямків (повторюваність 19,15 і 14,01%, відповідно).

Максимально вітряним сезоном року є зима, тоді середня повторюваність вітру зі швидкістю 12 м/с і більше дорівнює 7%. В деякі зими вона коливається від 0 до 18%. Напротязі середньостатистичного року повторюваність слабких неінтенсивних 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 більше напротязі середньостатистичного року 40. Від року до року ця величина може змінюватися від 10 до 80.

В один з чотирьох синоптичних строків 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. Взимку мають перевагу вітри північно-західного, північного, і північно-східного напрямків (17,61%, 19,82%, 18,09% відповідно).

Повторюваність несильних вітрів складає 41,80%, сильних — 0,80% від усіх випадків. У даний сезон наблюдається найбільша повторюваність сильних вітрів, найменш часті штилі.

Навесні повторюваність слабих вітрів зростає до 47,79%, а сильних навпаки зменшується до 0,61%. Вітер із швидкістю більше 20 м/с спостерігався лише 1 раз.

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

В даний сезон частка східних вітрів найменша – 4,17%.

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

Штиль зареєстровано в 2,84% випадів.

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

По швидкості переважають слабкі вітри – 48,40%, а сильні вітри зареєстровано в 0,35% випадків. Для розрахунків параметрів хвиль нечасто 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	25,5	27
Швидкість 4% забезпеч.	24	23	20	19	25	19,5	24,5	26

## 1.2 Білгород-Дністровський район

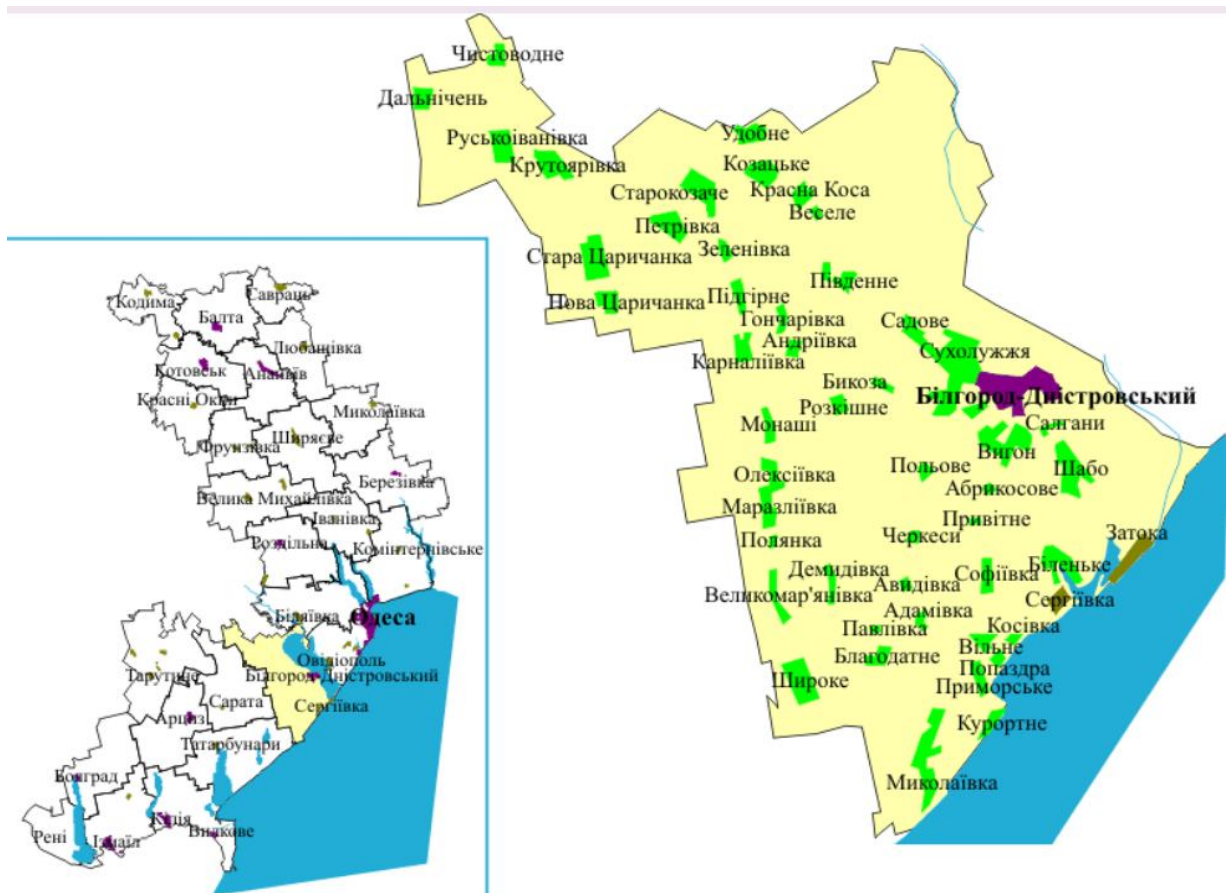


Рис. 1.2 – Білгород-Дністровський район

*Клімат* розглядуваного району помірно-континентальний, який характеризується значним числом сонячних ясних днів число яких у році перевищує 290 днів.

Середня багаторічна середньорічна температура повітря плюс 10°C. Напротязі року переважає тепла погода. Найбільш теплий місяць – липень (середньодобова температура повітря складає 25-27°C тепла, максимальна температура - 40 °C). Найхолоднішим місяцем є січень ( середньодобова температура складає – 2,5°C).

Теплий сезон триває 3,3 місяці, з 31 травня до 9 вересня, з максимальною середньодобовою температурою вище 23 °C. Найспекотніший місяць року в Білгород-Дністровському районі - липень, із середнім температурним максимумом 28 °C і мінімумом 18 °C.

Холодний сезон триває 3,7 місяця, з 23 листопада до 15 березня, з мінімальною середньодобовою температурою нижче 7 °C. Найхолодніший місяць року в Білгород-Дністровському районі - січень, із середнім температурним максимумом -3 °C і мінімумом 2 °C.

Вологий день - це день, коли випадає щонайменше 1 міліметр рідких опадів чи опадів у рідкому еквіваленті. Вірогідність вологих днів у Білгород-Дністровському районі коливається протягом року.

Вологіший сезон триває 6,7 місяця з 17 травня по 9 грудня, з більш ніж 16% ймовірністю того, що заданий день виявиться вологим. Місяць із найбільшою кількістю дощових днів у Білгород-Дністровському районі - червень, коли в середньому протягом 6,1 дня випадає не менше 1 міліметру опадів.

Сухіший сезон триває 5,3 місяця з 9 грудня по 17 травня. Місяць із найменшою кількістю дощових днів у Білгород-Дністровському районі – березень, коли в середньому протягом 3,9 дня випадає не менше 1 міліметру опадів.

Дощ у Білгород-Дністровському районі триває напротязі усього року. Місяць з найбільшою кількістю опадів у Білгород-Дністровському - червень, із середньою кількістю опадів 33 міліметри.

Місяць з найменшою кількістю опадів у Білгород-Дністровському - січень, із середньою кількістю опадів 15 міліметрів.

Снігова частина року триває 3,6 місяця, з 23 листопада по 11 березня, з кількістю снігу за ковзний 31-денний період не менше 25 міліметрів. Місяць із найбільшою кількістю снігових опадів у Білгород-Дністровському районі – січень, із середньою кількістю снігу 78 міліметрів.

Період року без снігу триває 8,4 місяця, з 11 березня до 23 листопада. Найменше снігу випадає в районі 24 липня, за середнього загального накопичення 0 міліметрів.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА РІЧКИ САРАТА

Річка Сарата (рис 2.1) – це річка, яка бере свій початок у Республіці Молдові, перетікає через Причорноморську низовину в межах Білгород-Дністровського району Одеської області та впадає у озеро-лиман Сасик (басейн Чорного моря).

Протяжність річки на території Саратської селищної ради складає 6,3 км. Вода в річці зеленого кольору, ширина даної річки коливається від 5 до 10 м, а глибина від 0,1 до 0,5 м. Річка Сарата не розчищена, є місця які пересохли та заросли очеретом. Правий берег річки забудований житловими будинками.

Довжина річки Сарата сягає 120 км, площа водозбірного басейну складає 1 250 км<sup>2</sup>. Нахил річки 1 м/км. Долина Сарати є трапецієподібна, з пологими, розчленованими балками і ярами, схилами; її посередня ширина 1–2 км, глибина 40–50 м. Заплава завширшки близько 500 м. Річище звивисте, на окремих ділянках випрямлене (загальна довжина складає 34 км). Влітку пересихає. Є шлюзи. Використовується на водопостачання, зрошення.



Рис.2.1 – річка Сарата.



Мінералізація води в р. Сарата в останні 30 років змінювалась від 643 до 9758 мг/дм<sup>3</sup>, а концентрація токсичних іонів натрію, магнію, хлору та сульфатів відповідно досягала 2208, 435, 2400 та 3560 мг/дм<sup>3</sup> (табл.2.1 ).

Таблиця 2.1 - Хімічний склад води річки Сарата

Інгредієнти	Уміст, мг/дм <sup>3</sup>					Коефіцієнт варіації, %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	
Ca <sup>2+</sup>	61,5	424	198,8	19,2	113,3	38,9
Mg <sup>2+</sup>	17,1	435	172,7	16,4	97,1	33,3
Na <sup>+</sup>	104,2	2208	814,9	92,3	546,1	187,6
K <sup>+</sup>	3	26	12,8	1,1	6,1	2,25
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	20,8	4,54	1	6,1	2,11
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	152,5	723	363,3	26,4	156,1	53,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	129,6	3560	1133,7	143,4	848,2	291,4
Cl <sup>-</sup>	83,4	2400	1040,8	112	662,5	227,5
Мінералізація	643	9758	3727,3	372,9	2206	757,8
pH, од.	7,25	8,8	8,17	0,08	0,41	0,17

У 2019 році гирло річки було визволине від пересипів радянських часів, що буде сприяти відновленню річкового стоку та екосистем.

Річка Сарата бере свій початок на схід від села Опач ( Республіка Молдова). Тече спочатку на південний схід, у середній та нижній течії — переважно на південь. Впадає до Сасика біля північно-західної околиці села Трапівки.

Основні притоки: Кіпчак, Бабей, Джалаїр, Курудер (ліві).

Річка протікає через смт. Сарату.

### 3 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ІРИГАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Існує чотири групи критеріїв оцінки іригаційних властивостей вод:

1. концентрація солей;
2. співвідношення іонів (частіше всього з катіонів натрію з магнієм і кальцієм);
3. концентрація токсичних елементів, що можуть негативно вплинути на сільськогосподарські рослини і в цілому на навколишнє середовище;
4. концентрація біогенів.

*Концентрація солей.* Мінералізацію вод встановлюють другі головні іони, які знаходяться 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 калію з натрієм, а карбонатів з гідрокарбонатами.

Застосування для поливу мінералізованих вод може привести до засолення ґрунтів. Засоленням ґрунтів називають надлишкове накопичення в їх кореновomisному шарі розчинених або поглинених солей  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ , що шкідливо впливають на сільськогосподарські рослини, знижують урожайність 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  $1,0 \text{ г/дм}^3$  – придатні 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 хім. складу солей, понад  $3 \text{ г/дм}^3$  – непридатна 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 г/дм<sup>3</sup> – вторинне засолення.

У США застосовується слідуєча класифікація поливних вод за солоністю ( $M_o$ , г/дм<sup>3</sup>):

-  $M_o \leq 0,20$  – вода низької сольності, придатна для зрошення більшості культур на більшій кількості 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, не придатна для зрошення в звичайних умовах, полив можливий при наступних умовах: висока проникність ґрунтів, дренаж, солестійкість культур.

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

У табл. 3.1 представлена токсичність основних солей, що зустрічаються в ґрунті та 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 пунктирної лінії в табл. 2.1, є шкідливими для рослин. Найбільш токсичними з них є: 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>*). Найменшу токсичність мають сульфат і хлорид магнію (*MgCl<sub>2</sub>*, *MgSO<sub>4</sub>*). Суміші солей завжди менше токсичні, ніж їх більш чисті скупчення.

Ряд токсичності солей за Ковдою В.А. має таку послідовність [12, с.386]:  
 $Na_2CO_3 > NaHCO_3 > NaCl > CaCl_2 > Na_2SO_4 > MgCl_2 > MgSO_4$ .

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

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

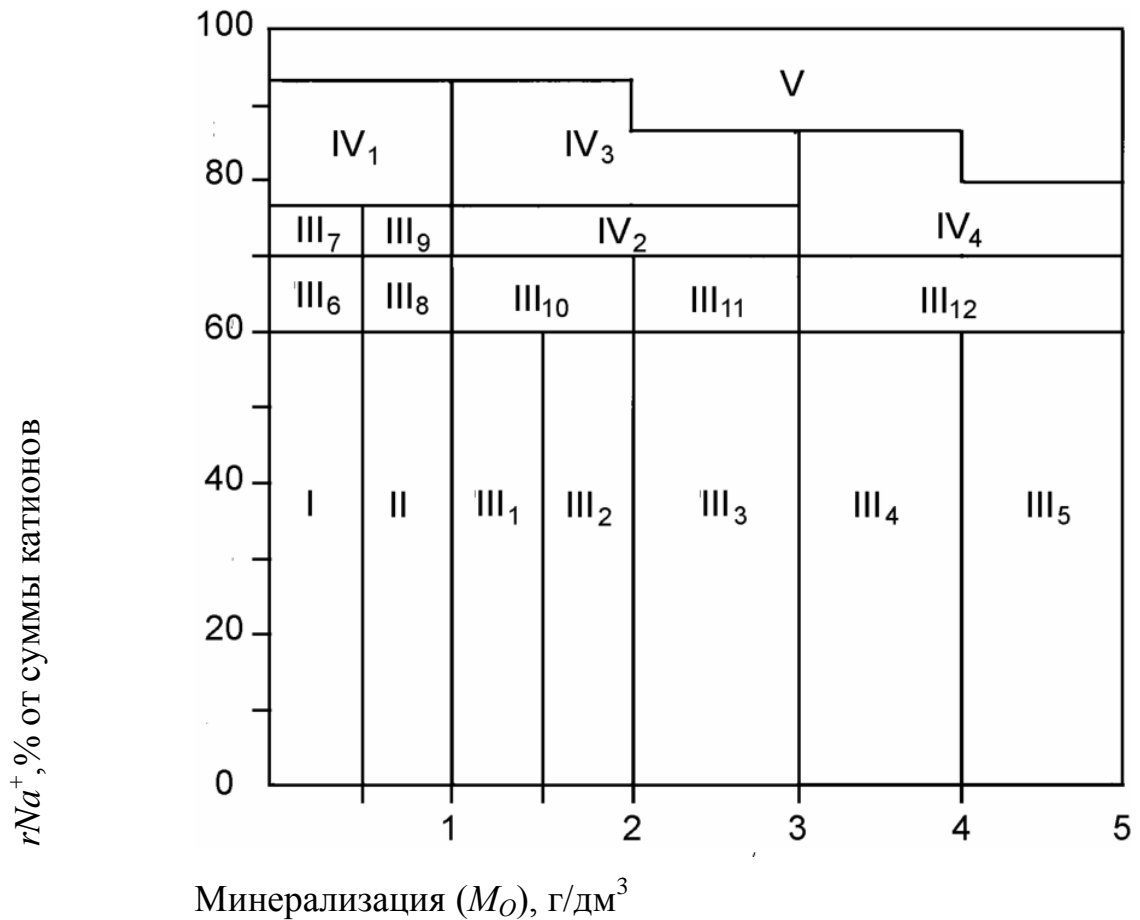


Рис. 3.1 – Класифікація вод за ступенем їх придатності для зрошення (Бездніна С.Я.):

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, який чисельно дорівнює товщині шару води в дюймах, при випаровуванні якої в ґрунті створюється шкідлива для очевидної 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>.

Пригожість води для зрошення в цьому випадку оцінене таким чином:

- $K_a \geq 18$  – «добра», не обмежено 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 доброго штучного дренажу, проведення промивних поливів і меліоративних заходів (прикладом є: внесення емульсії гіпсу в воду);
- $K_a < 1,2$  – «погана», вода яка непридатна для зрошення.

Оцінку небезпеки засолення при використанні вод для зрошення І.М. Антипов-Каратаєв і Г.М. Кадер [9, с.16; 11, с.16; 12, с.50] пропонували реалізувати 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, ммоль/дм<sup>3</sup>.

І.М. Антипов-Каратаєв і Г.М. Кадер вважають, що критичне співзалежність катіонів  $[(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Na^+]_{10}$ , при якому кількість поглиненого натрію досягає 10% від ємності катіонного обміну ( $ЄКО$ ) ґрунту, дорівнює  $0,23M_0$ . Тому, при  $K < 0,23M_0$  вода негодяща для зрошення.

За М.Ф. Будановим – води з мінералізацією  $\leq 1$  г/дм<sup>3</sup> можна використовуватися 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 ( $r\Sigma e$ ) головних іонів, поділена на суму кальцію і магнію, ( $K_3$ ) не повинна перебільшувати: 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)  $K_3 = r\Sigma e/(rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq B$ .

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, 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 Сабољч 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]

$M_o$ , г/дм <sup>3</sup>	Небезпека засолення ґрунту	Небезпека осолонцювання за значенням <i>SAR</i>			
		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 культури яку вирощують.

В загальному 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

Методика в ДСТУ 2730:2015 [20, с. 7] має такі недоліки:

- по-перше: рекомендації за визначенням токсичних іонів мають загальний характер [3, с.7] (табл. 4.1), тому ними нелегко користуватися на практиці;
- по-друге, в формулі (1) не ураховується те, що гідрокарбонат-іони можуть бути такими ж токсичними, як і карбонат-іони, за рахунок утворення у воді питної соди ( $NaHCO_3$ ). Ця частина іонів  $HCO_3^-$  в формулі (1) має бути об'єднана із 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	$CO_3^{2-}$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	СГ
$Ca^{2+}$	–	2	5	8
$Mg^{2+}$	–	3	6	9
$Na^+ + K^+$	1	4	7	10

Для усунення нагадуваних недоліків можливе лише при визначенні типів іригаційних вод, які мають відмінні набори гіпотетичних солей, особливі (специфічні) для будь-якого типу. У даному випадку імовірно для кожного типу вод надавати його набір токсичних іонів і розрахункову формулу суми токсичних солей в еквівалентах хлору.

Найбільш поширеною класифікацією природних вод – є класифікація Альокіна О.А. [17, с.121] (рис. 4.1), у якій води розподілені на класи (за переважаючим аніоном), групи (за переважаючим катіоном) та типи (за співвідношенням аніонів та катіонів). Тим не менш, у цій класифікації природні води одного типу можуть мати різні набори гіпотетичних солей. Тому

необхідна якась інша класифікація.

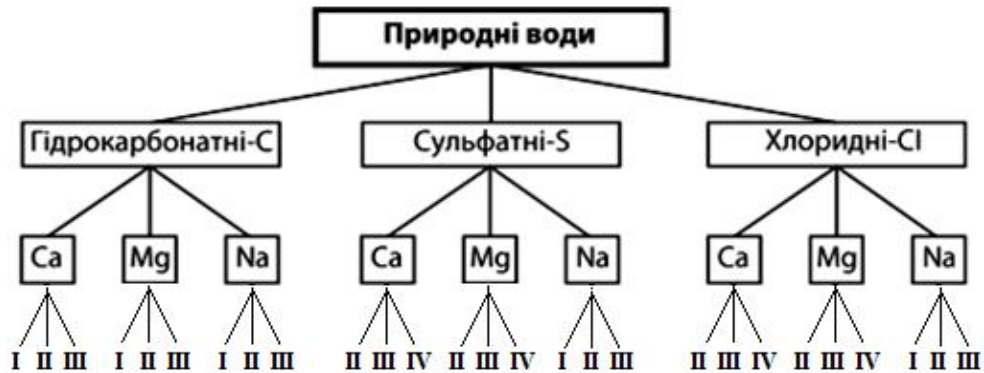


Рис. 4.1 – Класифікація природних вод за Альокіним О.А.

У праці [21, с.101] класифікацію вод Альокіна О.А. прийнятно за базову та запропоновано її деталізація на основі вмісту переважаючого (класоутворюючого) аніона (рис. 4.2): підтип *a* – вміст аніона більше 75% в еквівалентах; *б* – від 50% до 75%; *в* – менше 50%.

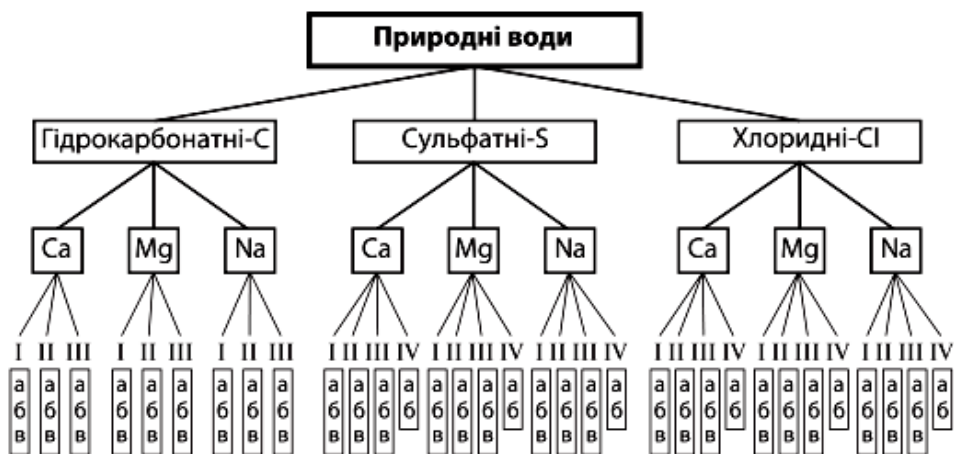


Рис. 4.2 – Схема вдосконалення [21, с.101] базової класифікації природних вод Альокіна О.А.

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

По-перше, тому що води сульфатного та хлоридного класів, кальцієвої чи магнієвої груп не можуть бути першого типу. У базовій класифікації Альокина О.А. (рис. 4.1) вони відсутні не без причини. Альокін О.А. не пояснює підставу відсутності вод типу I у нагаданих класах та групах природних вод, а втім, це можна зробити, використовуючи рівність 100% сум концентрацій аніонів та катіонів в %-еквівалентній формі та співвідношенні іонів у типах природних вод за Альокіним О.А.:

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

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

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

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

Розглянемо таке судження – води  $S^{Ca}_I$ ,  $S^{Mg}_I$ ,  $Cl^{Ca}_I$  і  $Cl^{Mg}_I$  не існують.

У затверджених позначках переважаючими є: аніони –  $SO_4^{2-}$  або  $Cl^-$ ; катіони –  $Ca^{2+}$  або  $Mg^{2+}$ . Відповідно (2), тільки у випадку  $rHCO_3^- < 50\%$  є імовірність того, що або  $SO_4^{2-}$ , або  $Cl^-$  можуть бути переважаючими. В іншому випадку ( $rHCO_3^- > 50\%$ ) навіть за відсутності одного з аніонів ( $SO_4^{2-}$  або  $Cl^-$ ) другий аніон не буде переважним. У водах типу I має реалізовуватись співвідношення (3):  $rHCO_3^- > (rCa^{2+} + rMg^{2+})$ . Звідки слідує, що  $(rCa^{2+} + rMg^{2+}) < 50\%$ , але тоді  $rNa^+ > 50\%$ , отже він є переважним і оприділяє групу вод, тобто, якщо сульфатні або хлоридні води першого типу, то це лише натрієва група:  $S^{Na}_I$  або  $Cl^{Na}_I$ . Отже, у такий спосіб  $S^{Ca}_I$ ,  $S^{Mg}_I$ ,  $Cl^{Ca}_I$  і  $Cl^{Mg}_I$  неприсутні в природних водах через неможливість такого співвідношення.

По-друге, в окремих групах природних вод не можливе запропоноване значення концентрації переважаючого аніону. Чи то, іншими словами кажучи, деякі запропоновані підтипи (рис. 2) відсутні в природних водах, згідно із детальною класифікацією вони мають інакше позначення.

Наприклад  $C^{Na}_{IIIa}$ : 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  $rNa^+ < 25\%$ , звідки слідує, що переважним катіоном є або  $Ca^{2+}$ , або  $Mg^{2+}$ , тобто  $C^{Ca}_{IIIa}$  або  $C^{Mg}_{IIIa}$ . В водах типа  $C^{Na}_{III}$  не може бути  $rHCO_3^- > 75\%$ .

Далі будемо розглядати  $Cl^{Ca}_{IIa}$ ,  $Cl^{Ca}_{IIb}$ ,  $Cl^{Mg}_{IIa}$  і  $Cl^{Mg}_{IIb}$ . Коли у водах хлоридного класу  $rCl^- > 50\%$  (б або а), то у водах II типу цього ж класу з характерним співвідношенням  $rNa^+ > rCl^-$  переважним катіоном є натрій:  $rNa^+ > rCl^- > 50\%$ . А це означає, що співвідношення іонів  $Cl^{Ca}_{IIa}$ ,  $Cl^{Ca}_{IIb}$ ,  $Cl^{Mg}_{IIa}$  і  $Cl^{Mg}_{IIb}$  неможливі, вони мають позначення  $Cl^{Na}_{IIa}$  або  $Cl^{Na}_{IIb}$ .

Тепер розглядатимемо  $S^{Na}_{IIIa}$ . Коли в сульфатних водах  $rSO_4^{2-} > 75\%$  (а), то у водах III типу цього класу з характерним співвідношенням  $rCl^- > rNa^+$  сума  $(rHCO_3^-+rCl^-) < 25\%$ , звідки слідує, що  $rCl^- < 25\%$ , тоді й  $rNa^+ < 25\%$ , це означає, що натрій не є переважним. Води з співвідношенням іонів  $S^{Na}_{IIIa}$  у дійсності мають позначку або  $S^{Ca}_{IIIa}$ , або  $S^{Mg}_{IIIa}$ .

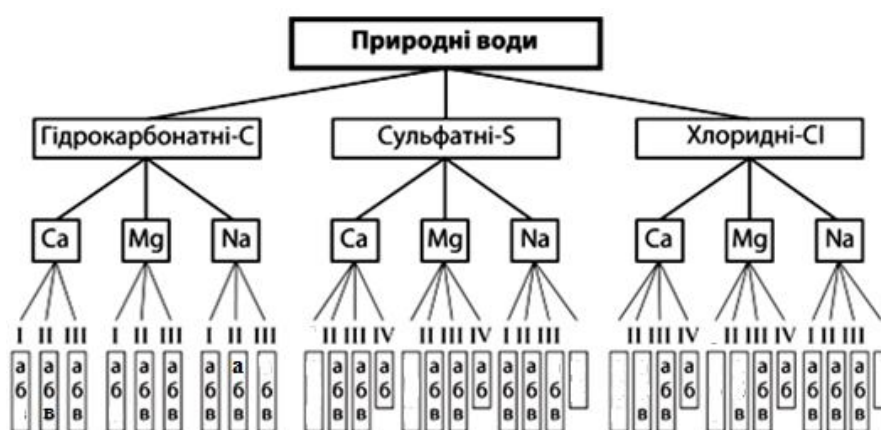


Рис. 4.3 – Схема детальної класифікації з врахуванням зроблених зауважень.

Враховуючи із викладеного раніше і беручи до уваги, коли згідно з базовою класифікацією Альокіна О.А. у натрієвій групі вод не присутній четвертий тип, схема детальної класифікації [17, с.101] матиме наступний вигляд (рис. 4.3).

У цій класифікації води одного підкласа також можуть мати різноманітні набори гіпотетичних солей. Даний недолік можна усунути, коли типи природних вод I, II і III за Альокіним О.А. [17, с.120] поділити на підтипи (I, IIa, IIб, IIIa, IIIб, IIIв) [2, 3] за схемою на рис. 4.4. У даному випадку кожний підтип буде мати свій власний специфічний набір гіпотетичних солей.

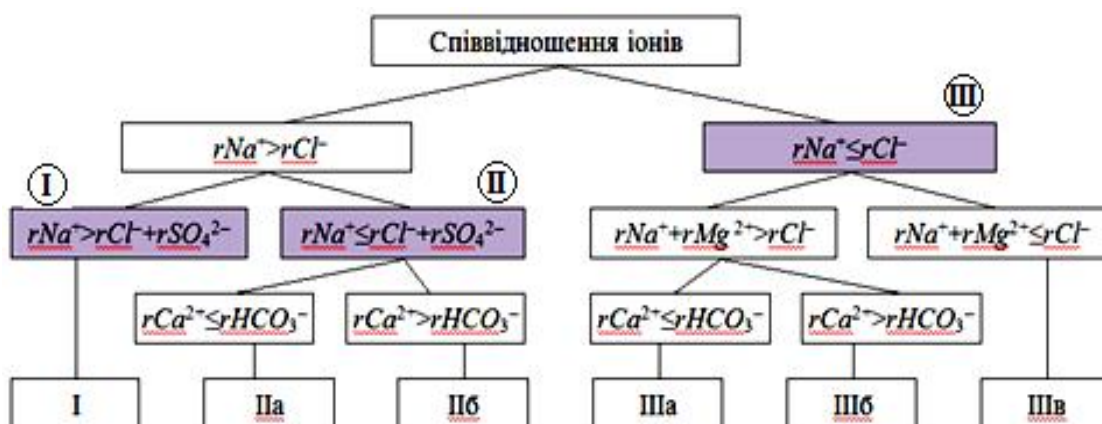


Рис. 4.4 – Схема детальної типізації іригаційних вод [3]

Розчинені солі у воді зазвичай представляються у вигляді іонів. Проте, інколи придатність води для іригації встановлюють по співвідношенню вмісту в ній окремих видів розчинних солей [16, с.49].

Головні іони можуть бути як токсичними так і нетоксичними. До токсичних іонів відносяться іони, які здатні утворювати токсичні солі. Іони  $Cl^-$  і  $Na^+$  токсичні, інші головні іони можуть бути як токсичними, так і нетоксичними в залежності від їх взаємного врівноваження:  $Mg^{2+}$  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. Даний аналіз токсичності іонів представлений в праці [16, с.24]. Відділення токсичних іонів

зручно виконувати, якщо уявити мінералізацію води у вигляді суми гіпотетичних солей.

Оскільки іони у воді знаходяться в незв'язному стані, і при хімічному аналізі визначають вміст іонів, тому подання мінерального складу вод у вигляді набору гіпотетичних солей не використовується на практиці. Однак, в літературі доволі часто згадується про ці солі [10, с.48, 49; 12, с.84; 14, с.201; 16, с.67; 17, с.389, 390].

Наприклад, основоположник меліорації на радянському просторі Костяков А.Н. [10, с.48, 49]. вказує на необхідність аналізу хімічного складу солей для вод з мінералізацією 1,5-3,0 мг/дм<sup>3</sup>. Але з точки зору Альокіна О.А. можна одержати орієнтовне уявлення про характер солей, котрі будуть надходити в ґрунт з даної води, якщо умовно припустити, 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] черговість комбінування іонів зворотна: аніони –  $Cl^{-}$ ;  $SO_4^{2-}$ ;  $(CO_3^{2-}+HCO_3^{-})$ ; катіони –  $(K^{+}+Na^{+})$ ;  $Mg^{2+}$ ;  $Ca^{2+}$ . Проте, результат аналізу солей по прямій послідовності або по зворотній буде однаковим.

Для потреб зрошення типізацію природних вод за Альокіним О.А. [17, с.120] можна представити більш детально, розподіливши типи вод на підтипи, які відрізняються набором гіпотетичних солей, в наступній послідовності: 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 відносяться кислі болотні, шахтні і вулканічні води, а також води, які сильно забруднені промисловими стоками [17, с.121]. Такі води не є придатні для іригації.

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>:  $NaCl = 58,4?rCl$ ;  $Na_2SO_4 = 71,0?rSO_4^{2-}$ ;  $NaHCO_3 = 84,0?(rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ .

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

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

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

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

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

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	$rHCO_3^-$	



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

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

I	– NaCl,	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,	NaHCO <sub>3</sub> ,	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ,	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ;
IIa	– NaCl,	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,	MgSO <sub>4</sub> ,	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ,	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ;
IIб	– NaCl,	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,	MgSO <sub>4</sub> ,	CaSO <sub>4</sub> ,	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ;
IIIa	– NaCl,	<b>MgCl<sub>2</sub></b> ,	MgSO <sub>4</sub> ,	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ,	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ;
IIIб	– NaCl,	<b>MgCl<sub>2</sub></b> ,	MgSO <sub>4</sub> ,	CaSO <sub>4</sub> ,	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ;
IIIв	– NaCl,	<b>MgCl<sub>2</sub></b> ,	<b>CaCl<sub>2</sub></b> ,	CaSO <sub>4</sub> ,	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .

У таблиці 4.2: сірим кольором виділена область токсичних солей (іонів); в осередку таблиці на перехресті стовпця і рядка стоїть концентрація іонів (мг-екв./дм<sup>3</sup>), яка входить до складу гіпотетичної солі (які врівноважуються за допомогою один одного та складають гіпотетичну сіль).

Для переведення 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, які будуть мати наступні значення: CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> – 30,00; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 61,02; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 48,03; Cl<sup>-</sup> – 35,45; Ca<sup>2+</sup> – 20,04; Mg<sup>2+</sup> – 12,15; Na<sup>+</sup> – 22,99; K<sup>+</sup> – 39,10.

Для кожного з даних підтипів вод в таблиці 4.2 наведені формули розрахунку концентрації гіпотетичних токсичних солей у ваговій формі.

Обчислення концентрації солі за таблицею 4.2 будемо розглядати на

прикладі вод підтипу I (табл. 3(1)). Питна сода  $NaHCO_3$  є гіпотетично присутня у воді за рахунок взаємного урівноваження частини іонів  $Na^+$  і частини іонів  $HCO_3^-$ . В еквівалентах дані частини дорівнюють  $(rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ . Вагова концентрація даної частини іонів натрію дорівнює  $22,99 * (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ , а частина гідрокарбонат-іонів –  $61,02 * (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ , звідки слідує, що концентрація питної соди  $NaHCO_3$  складає  $84,01 * (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+})$ .

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

За набором токсичних солей води I-го типу можуть бути найнесприятливішими для цілей зрошення, тому що окрім сульфата натрію ( $Na_2SO_4$ ) вони сприяють створенню в ґрунті питної соди ( $NaHCO_3$ ), а при наявності карбонат-іонів ( $CO_3^{2-}$ ) – звичайної соди ( $Na_2CO_3$ ), з всіх солей, утворених завдяки головним іонам, найтоксичнішою для рослин. Дані солі викликають лужну реакцію ґрунту і її осолонцювання.

Води II-го типу мають відмінність від вод I-го типу тим, що замість карбоната і гідрокарбоната натрію ( $Na_2CO_3$  і  $NaHCO_3$ ) в ґрунт може надходити сульфат магнію ( $MgSO_4$ ), який в ряду токсичності солей (за Ковдою В.А.) стоїть на крайньому місці.

Відмінні риси підтипів Па і Пб полягає у наступному [3]:

із вод підтипу Па в ґрунт окрім  $MgSO_4$  може надходити ще і гідрокарбонат магнію ( $Mg(HCO_3)_2$ ) – це нетоксична для рослин сіль, але вона здатна викликати лужну реакцію ґрунтів;

води підтипу Пб натомість гідрокарбоната магнію сприяють утворенню в ґрунті іншої нетоксичної солі – гіпсу ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), який є меліорантом солонцюватих ґрунтів.

Підтип вод Ша у зіставленні з Па більш сприятливий, тому що при випаровуванні вод цього підтипу замість сульфата натрію ( $Na_2SO_4$ ) у ґрунт може надходити менш токсичний хлорид магнію ( $MgCl_2$ ). Однак, у водах цього підтипу присутня велика кількість іонів магнію, надмірний вміст якого в воді

спричиняє осолонцювання ґрунту [3].

Підтипи вод Ша і Шб мають відмінність 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 натомість від Шб замість сульфата магнію ( $MgSO_4$ ) з'являється більш токсична для рослин сіль, це – хлорид кальцію ( $CaCl_2$ ). За ступенем несприятливості для зрошення якісний склад токсичних солей вод цього підтипу можна розмістити на другому місці після вод I-го типу [3].

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

- тип I –  $rCl^-$ ;  $rNa^+$ ;  $rSO_4^{2-}$  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 розрахунку концентрацій іона з еквівалентної форми (мг-екв/дм<sup>3</sup>) в вагову (мг/дм<sup>3</sup>) нам необхідно: значення еквівалентної концентрації іона помножити на його іонну вагу та поділити на валентність цього іона.\

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

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

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

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

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

Якщо вважати, що  $NaHCO_3$  має таку ж токсичність, як і  $NaCl$ , то формулу (6) треба записати так

$$\text{I} \quad - e(rCl) = rCl + 0,2(rSO_4^{2-}) + 0,4(rMg^{2+}) + (rHCO_3^- - rCa^{2+} - rMg^{2+}) + 5rCO_3^{2-}. \quad (10)$$

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

Для вод типу I усі сульфат-іони є токсичними. Частина гідрокарбонат-іонів, яка урівноважена всіма іонами магнію, в еквівалентах дорівнює їх кількості. Інша частина гідрокарбонат-іонів, яка врівноважена частиною іонів натрію, об'єднана з карбонат-іонами (оскільки сода і звичайна, і питна є найтоксичнішими для рослин).

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

Ймовірність класу якості вод за показником  $e(rCl)$  для різних типів ґрунтів (табл. 4.3) можна визначити, використовуючи табл. 3.2 [9].

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

$$P(x \leq C_i) = \text{ЛОГНОРМРАСП}(C_i; \check{C}; \check{G}), \quad (11)$$

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

Таблиця 4.3 – Ймовірність класу якості іригаційних вод для різних типів ґрунтів

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

## 5 ПРИГАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ САРАТА І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для оцінки якості вод річки Сарата (с. Меньяйлівка, 94 км; с. Білолісся, 14 км) використані результати статистичної обробки вихідних даних (табл. 5.1-5.2).

Іригаційна характеристики якості вод річки Сарата у її верхній та нижній частинах за різними методиками представлена в таблицях 5.3-5.16.

В теплий період року (ТПР) загальна мінералізація вод річки Сарата с. Меньяйлівка (табл. 5.15) в середньому складає  $3362 \text{ мг/дм}^3$ . Мінливість загальної мінералізації (рис. 5.1) знаходяться в діапазоні від 2535 до  $4434 \text{ мг/дм}^3$ . Тобто, в цілому мінералізація вод завжди перевищує  $2,5 \text{ г/дм}^3$ .

В с. Білолісся протягом ТПР загальна мінералізація вод річки Сарата (табл. 5.16) в середньому складає  $6259 \text{ мг/дм}^3$ . Мінливість загальної мінералізації (рис. 5.1) знаходяться в діапазоні від 1827 до  $13085 \text{ мг/дм}^3$ . Тобто, в цілому мінералізація вод завжди перевищує  $1,8 \text{ г/дм}^3$ .

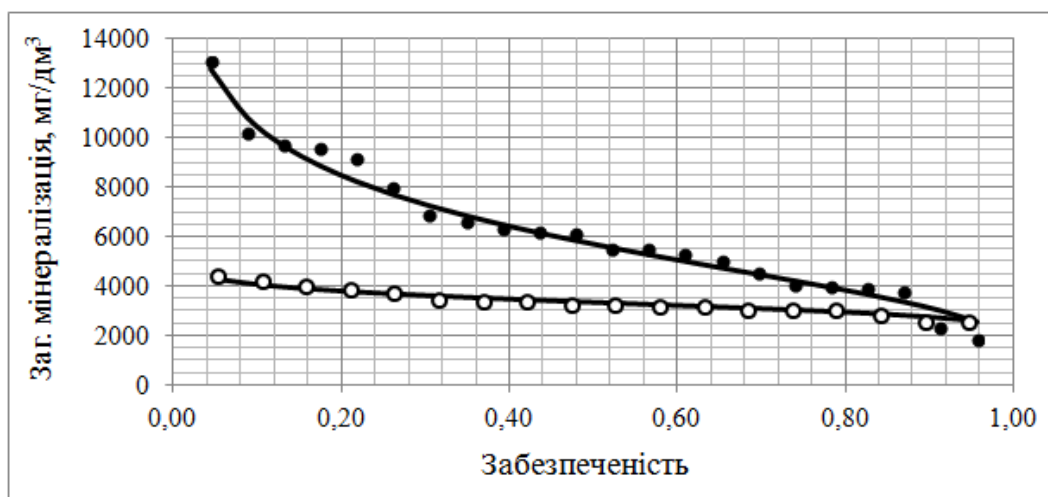


Рис. 5.1 – Мінливість мінералізації вод річки Сарата: маркер коло з чорною заливкою – с. Білолісся; маркер коло з білою заливкою – с. Меньяйлівка

За класифікацією Альокіна О.А. [9, с. 120] води річки Сарата в с. Меньяйлівка (табл. 5.15) відносяться: до класу «сульфатні» протягом 89% ТПР

і «хлоридні» – 11%, до групи «натрієві» протягом 100%. В с. Білолісся (табл. 5.16) води Сарати відносяться до класу «сульфатні» протягом 64% і «хлоридні» – 36%, до групи «натрієві» – 100% ТПР.

Таблиця 5.1 – Результати спостережень за якістю вод річки Сарата  
(с. Меняйлівка, 94 км)

№	Дата	$M_0$	$CO_3^{2-}$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+ + K^+$
		мг/дм <sup>3</sup>							
1	22.05.2007	4034	6	415	1596	798	220	213	788
2	07.05.2008	2821	6	506	1092	390	200	128	500
3	14.11.2008	4250	0	549	1713	727	250	225	786
4	10.03.2009	3734	0	415	1544	656	190	194	735
5	26.08.2009	3405	12	519	1037	815	165	207	650
6	31.05.2010	2535	0	464	937	381	170	103	480
7	16.08.2010	3033	0	305	1141	656	130	152	650
8	19.05.2011	2577	0	476	876	496	120	194	415
9	12.09.2011	3205	12	519	1037	815	165	207	650
10	10.10.2011	3480	0	664	1589	177	90	76,9	872
11	24.05.2013	4434	48	537	1864	612	240	134	1000
13	26.07.2013	3162	24	464	1280	479	290	176	450
14	26.05.2014	3075	12	451	1206	496	160	164	585
15	14.05.2015	3231	0	488	1365	434	195	164	585
16	23.10.2015	3863	0	659	1729	319	125	122	910
17	16.05.2016	3377	0	458	1399	532	210	188	590
18	10.08.2016	3256	12	159	1427	638	290	115	615
19	01.06.2017	3037	24	476	1220	425	205	152	535

Таблиця 5.2 – Результати спостережень за якістю вод річки Сарата  
(с. Білолісся, 14 км)

№	Дата	$M_0$	$CO_3^{2-}$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+ + K^+$
		мг/дм <sup>3</sup>							
1	22.05.2007	4066	6,0	512,4	1029,1	1240,8	190,0	212,6	874,9
2	07.05.2008	5304	0,0	512,4	1980,5	1178,7	310,0	255,2	1067,4
3	28.05.2009	6178	0,0	597,8	1635,4	1949,8	340,0	255,2	1400,0
4	26.08.2009	5514	30,0	762,5	1043,5	1932,0	240,0	315,9	1190,0
5	31.05.2010	6631	0,0	366,0	2480,2	1666,2	370,0	261,2	1487,4
6	16.08.2010	9709	18,0	652,7	3555,4	2410,6	430,0	437,4	2205,0
7	05.10.2010	9174	0,0	585,6	3307,2	2392,9	420,0	455,6	2012,5
8	19.05.2011	3894	0,0	524,6	1292,2	904,0	230,0	218,7	725,0
9	12.09.2011	6130	0,0	698,5	1263,5	1835,0	236,0	320,6	1180,0
10	10.10.2011	2332	0,0	610,0	385,0	620,4	270,0	66,8	380,0
11	16.05.2012	6353	12,0	536,8	2335,7	1471,1	330,0	267,3	1399,8
13	14.08.2012	6913	24,0	707,6	2009,8	1985,2	200,0	358,4	1627,7
14	24.05.2013	5003	0,0	634,4	1933,0	903,9	240,0	206,6	1084,9
15	26.07.2013	1827	30,0	359,9	578,4	319,1	180,0	85,1	274,9
16	26.05.2014	5529	0,0	439,2	2090,9	1276,2	230,0	267,3	1225,0
17	02.09.2014	9598	12,0	640,5	3586,1	2339,7	370,0	461,7	2187,5
18	14.05.2015	3759	0,0	335,5	1581,6	691,3	205,0	170,1	775,1
19	07.08.2015	7996	0,0	512,4	2734,6	2215,6	330,0	401,0	1802,5
20	23.10.2015	13085	0,0	213,5	6392,2	2268,8	310,0	401,0	3499,9
21	16.05.2016	4515	0,0	341,6	1785,6	992,6	220,0	224,8	949,9
22	10.08.2016	10184	18,0	640,5	3327,8	2924,6	520,0	443,5	2309,9
23	17.05.2017	4007	0,0	384,3	1560,0	833,1	200,0	194,4	834,9



Таблиця 5.3 – Класифікація вод річки Сарата (с. Меняйлівка, 94 км) за  
Альокінім О.А.

№	КЛАС						ГРУПА					
	$rHCO_3^-$		$rCl^-$		$rSO_4^{2-}$		$rCa^{2+}$		$rMg^{2+}$		$rNa^+$	
1	$rHCO_3^-$	11	$rCl^-$	36	$rSO_4^{2-}$	53	$rCa^{2+}$	17	$rMg^{2+}$	28	$rNa^+$	55
2	$rHCO_3^-$	20	$rCl^-$	26	$rSO_4^{2-}$	54	$rCa^{2+}$	24	$rMg^{2+}$	25	$rNa^+$	52
3	$rHCO_3^-$	14	$rCl^-$	31	$rSO_4^{2-}$	55	$rCa^{2+}$	19	$rMg^{2+}$	28	$rNa^+$	53
4	$rHCO_3^-$	12	$rCl^-$	32	$rSO_4^{2-}$	56	$rCa^{2+}$	16	$rMg^{2+}$	28	$rNa^+$	56
5	$rHCO_3^-$	17	$rSO_4^{2-}$	40	$rCl^-$	43	$rCa^{2+}$	15	$rMg^{2+}$	32	$rNa^+$	53
6	$rHCO_3^-$	20	$rCl^-$	28	$rSO_4^{2-}$	52	$rCa^{2+}$	22	$rMg^{2+}$	22	$rNa^+$	56
7	$rHCO_3^-$	11	$rCl^-$	39	$rSO_4^{2-}$	50	$rCa^{2+}$	14	$rMg^{2+}$	26	$rNa^+$	60
8	$rHCO_3^-$	19	$rCl^-$	35	$rSO_4^{2-}$	46	$rCa^{2+}$	15	$rMg^{2+}$	40	$rNa^+$	45
9	$rHCO_3^-$	17	$rSO_4^{2-}$	40	$rCl^-$	43	$rCa^{2+}$	15	$rMg^{2+}$	32	$rNa^+$	53
10	$rCl^-$	10	$rHCO_3^-$	22	$rSO_4^{2-}$	68	$rCa^{2+}$	9	$rMg^{2+}$	13	$rNa^+$	78
11	$rHCO_3^-$	16	$rCl^-$	26	$rSO_4^{2-}$	58	$rMg^{2+}$	16	$rCa^{2+}$	18	$rNa^+$	66
13	$rHCO_3^-$	17	$rCl^-$	28	$rSO_4^{2-}$	55	$rCa^{2+}$	30	$rMg^{2+}$	30	$rNa^+$	41
14	$rHCO_3^-$	17	$rCl^-$	30	$rSO_4^{2-}$	54	$rCa^{2+}$	17	$rMg^{2+}$	29	$rNa^+$	54
15	$rHCO_3^-$	16	$rCl^-$	25	$rSO_4^{2-}$	58	$rCa^{2+}$	20	$rMg^{2+}$	28	$rNa^+$	52
16	$rCl^-$	16	$rHCO_3^-$	19	$rSO_4^{2-}$	65	$rCa^{2+}$	11	$rMg^{2+}$	18	$rNa^+$	71
17	$rHCO_3^-$	15	$rCl^-$	29	$rSO_4^{2-}$	56	$rCa^{2+}$	20	$rMg^{2+}$	30	$rNa^+$	50
18	$rHCO_3^-$	6	$rCl^-$	35	$rSO_4^{2-}$	59	$rMg^{2+}$	19	$rCa^{2+}$	28	$rNa^+$	53
19	$rHCO_3^-$	19	$rCl^-$	26	$rSO_4^{2-}$	55	$rCa^{2+}$	22	$rMg^{2+}$	27	$rNa^+$	51

Таблиця 5.4 – Класифікація вод річки Сарата (с. Білолісся, 14 км)  
за Альокінім О.А.

№	КЛАС						ГРУПА					
	$rHCO_3^-$		$rSO_4^{2-}$		$rCl^-$		$rCa^{2+}$		$rMg^{2+}$		$rNa^+$	
1	$rHCO_3^-$	13	$rSO_4^{2-}$	33	$rCl^-$	54	$rCa^{2+}$	14	$rMg^{2+}$	27	$rNa^+$	59
2	$rHCO_3^-$	10	$rCl^-$	40	$rSO_4^{2-}$	50	$rCa^{2+}$	19	$rMg^{2+}$	25	$rNa^+$	56
3	$rHCO_3^-$	10	$rSO_4^{2-}$	34	$rCl^-$	56	$rCa^{2+}$	17	$rMg^{2+}$	21	$rNa^+$	62
4	$rHCO_3^-$	15	$rSO_4^{2-}$	24	$rCl^-$	61	$rCa^{2+}$	13	$rMg^{2+}$	29	$rNa^+$	58
5	$rHCO_3^-$	6	$rCl^-$	45	$rSO_4^{2-}$	49	$rCa^{2+}$	18	$rMg^{2+}$	20	$rNa^+$	62
6	$rHCO_3^-$	7	$rCl^-$	44	$rSO_4^{2-}$	48	$rCa^{2+}$	14	$rMg^{2+}$	23	$rNa^+$	63
7	$rHCO_3^-$	7	$rCl^-$	46	$rSO_4^{2-}$	47	$rCa^{2+}$	14	$rMg^{2+}$	26	$rNa^+$	60
8	$rHCO_3^-$	14	$rCl^-$	42	$rSO_4^{2-}$	44	$rCa^{2+}$	19	$rMg^{2+}$	29	$rNa^+$	52
9	$rHCO_3^-$	13	$rSO_4^{2-}$	29	$rCl^-$	58	$rCa^{2+}$	13	$rMg^{2+}$	29	$rNa^+$	58
10	$rSO_4^{2-}$	23	$rHCO_3^-$	28	$rCl^-$	49	$rMg^{2+}$	15	$rCa^{2+}$	38	$rNa^+$	47
11	$rHCO_3^-$	9	$rCl^-$	42	$rSO_4^{2-}$	49	$rCa^{2+}$	16	$rMg^{2+}$	22	$rNa^+$	62
13	$rHCO_3^-$	11	$rSO_4^{2-}$	38	$rCl^-$	51	$rCa^{2+}$	9	$rMg^{2+}$	27	$rNa^+$	64
14	$rHCO_3^-$	14	$rCl^-$	33	$rSO_4^{2-}$	53	$rCa^{2+}$	16	$rMg^{2+}$	22	$rNa^+$	62
15	$rHCO_3^-$	25	$rCl^-$	32	$rSO_4^{2-}$	43	$rMg^{2+}$	25	$rCa^{2+}$	32	$rNa^+$	44
16	$rHCO_3^-$	8	$rCl^-$	42	$rSO_4^{2-}$	50	$rCa^{2+}$	13	$rMg^{2+}$	25	$rNa^+$	62
17	$rHCO_3^-$	7	$rCl^-$	44	$rSO_4^{2-}$	49	$rCa^{2+}$	12	$rMg^{2+}$	25	$rNa^+$	63
18	$rHCO_3^-$	9	$rCl^-$	34	$rSO_4^{2-}$	57	$rCa^{2+}$	18	$rMg^{2+}$	24	$rNa^+$	58
19	$rHCO_3^-$	7	$rSO_4^{2-}$	45	$rCl^-$	49	$rCa^{2+}$	13	$rMg^{2+}$	26	$rNa^+$	62
20	$rHCO_3^-$	2	$rCl^-$	32	$rSO_4^{2-}$	66	$rCa^{2+}$	8	$rMg^{2+}$	16	$rNa^+$	76
21	$rHCO_3^-$	8	$rCl^-$	40	$rSO_4^{2-}$	53	$rCa^{2+}$	15	$rMg^{2+}$	26	$rNa^+$	59
22	$rHCO_3^-$	7	$rSO_4^{2-}$	43	$rCl^-$	51	$rCa^{2+}$	16	$rMg^{2+}$	22	$rNa^+$	62
23	$rHCO_3^-$	10	$rCl^-$	38	$rSO_4^{2-}$	52	$rCa^{2+}$	16	$rMg^{2+}$	26	$rNa^+$	59

Таблиця 5.5 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Меньяйлівка, 94 км) 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
1	2	2,3	незадов.	71	несприят.	0,928	0,42	не прид.
2	2	4,4	незадов.	68	несприят.	0,649	0,47	не прид.
3	2	2,5	незадов.	69	несприят.	0,978	0,45	не прид.
4	2	2,7	незадов.	72	несприят.	0,859	0,40	не прид.
5	2	2,4	незадов.	69	несприят.	0,783	0,45	не прид.
6	2	4,5	незадов.	71	несприят.	0,583	0,41	не прид.
7	2	2,8	незадов.	75	дуже неспр.	0,698	0,34	не прид.
8	2	3,9	незадов.	63	сприят.	0,593	0,61	придатна
9	2	2,4	незадов.	69	несприят.	0,737	0,45	не прид.
10	1	5,1	незадов.	88	дуже неспр.	0,800	0,14	не прид.
11	2	2,6	незадов.	79	дуже неспр.	1,020	0,26	не прид.
13	2	3,9	незадов.	58	благопр.	0,727	0,74	придатна
14	2	3,5	незадов.	70	несприят.	0,707	0,42	не прид.
15	2	3,9	незадов.	69	несприят.	0,743	0,46	не прид.
16	2	3,8	незадов.	83	дуже неспр.	0,889	0,21	не прид.
17	2	3,4	незадов.	67	несприят.	0,777	0,51	не прид.
18	2	2,9	незадов.	69	несприят.	0,749	0,45	не прид.
19	2	4,0	незадов.	67	несприят.	0,698	0,49	не прид.

Таблиця 5.6 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Білолісся, 14 км) 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
1	Пб	1,6	незадов.	74,0	несприят.	0,94	0,35	не прид.
2	Пб	1,6	незадов.	72,0	несприят.	1,22	0,39	не прид.
3	Пб	1,0	погані	76,5	дуже неспр.	1,42	0,31	не прид.
4	Ша	1,1	погані	73,3	несприят.	1,27	0,37	не прид.
5	Пб	1,1	погані	76,5	дуже неспр.	1,53	0,31	не прид.
6	Пб	0,8	погані	77,1	дуже неспр.	2,23	0,30	не прид.
7	Пб	0,8	погані	75,1	дуже неспр.	2,11	0,33	не прид.
8	Пб	2,2	незадов.	68,3	несприят.	0,90	0,47	не прид.
9	Шб	1,1	погані	73,1	несприят.	1,41	0,37	не прид.
10	Шб	3,3	незадов.	63,8	благопр.	0,54	0,57	придатна
11	Пб	1,3	незадов.	76,4	дуже неспр.	1,46	0,32	не прид.
13	Па	1,0	погані	78,3	дуже неспр.	1,59	0,28	не прид.
14	Пб	1,9	незадов.	76,7	дуже неспр.	1,15	0,31	не прид.
15	Пб	6,0	удовлет.	60,8	благопр.	0,42	0,67	придатна
16	Пб	1,5	незадов.	76,2	дуже неспр.	1,27	0,31	не прид.
17	Пб	0,8	погані	77,3	дуже неспр.	2,21	0,30	не прид.
18	Пб	2,6	незадов.	73,8	несприят.	0,86	0,36	не прид.
19	Пб	0,9	погані	76,2	дуже неспр.	1,84	0,32	не прид.
20	Пб	0,7	погані	86,3	дуже неспр.	3,01	0,16	не прид.
21	Пб	1,9	незадов.	73,9	несприят.	1,04	0,36	не прид.
22	Пб	0,7	погані	76,4	дуже неспр.	2,34	0,31	не прид.
23	2	2,2	незадов.	73,8	несприят.	0,922	0,36	не прид.

Таблиця 5.7 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Меняйлівка, 94 км) 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
3,12	1,20	4,41	не прид.	9,078	низька	4034	засолює
2,18	1,06	4,13	не прид.	6,796	низька	2821	підвищ.небезп.
2,74	1,10	4,22	не прид.	8,692	низька	4250	засолює
3,37	1,25	4,52	не прид.	8,959	низька	3734	засолює
3,43	1,12	4,25	не прид.	7,960	низька	3405	засолює
2,46	1,23	4,48	не прид.	7,165	низька	2535	підвищ.небезп.
4,36	1,49	4,99	не прид.	9,176	низька	3033	засолює
3,01	0,82	3,66	не прид.	5,443	низька	2577	підвищ.небезп.
3,43	1,12	4,25	не прид.	7,960	низька	3205	засолює
8,45	3,51	9,06	не прид.	16,315	середня	3480	засолює
3,63	1,89	5,80	не прид.	12,833	середня	4434	засолює
1,35	0,68	3,36	не прид.	5,142	низька	3162	засолює
3,19	1,18	4,38	не прид.	7,763	низька	3075	засолює
2,61	1,10	4,20	не прид.	7,466	низька	3231	засолює
6,35	2,44	6,89	не прид.	13,894	середня	3863	засолює
2,45	0,99	3,98	не прид.	7,121	низька	3377	засолює
1,85	1,12	4,25	не прид.	7,725	низька	3256	засолює
2,27	1,02	4,06	не прид.	6,903	низька	3037	засолює

Таблиця 5.8 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Білолісся, 14 км) 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
4,01	1,41	4,84	не прид.	10,4	середня	4066	засолює
3,00	1,27	4,56	не прид.	10,9	середня	5304	засолює
3,59	1,60	5,23	не прид.	14,0	середня	6178	засолює
4,32	1,36	4,74	не прид.	11,9	середня	5514	засолює
3,50	1,62	5,25	не прид.	14,5	середня	6631	засолює
4,47	1,67	5,35	не прид.	17,9	середня	9709	засолює
4,18	1,50	5,01	не прид.	16,2	середня	9174	засолює
2,75	1,07	4,15	не прид.	8,2	низька	3894	засолює
4,36	1,35	4,70	не прид.	11,8	середня	6130	засолює
1,23	0,87	3,75	не прид.	5,4	низька	2332	підвищ.небезп.
3,70	1,58	5,20	не прид.	13,9	середня	6353	засолює
7,09	1,79	5,60	не прид.	15,9	середня	6913	засолює
3,94	1,63	5,27	не прид.	12,4	середня	5003	засолює
1,33	0,75	3,52	не прид.	4,2	низька	1827	підвищ.небезп.
4,64	1,59	5,19	не прид.	13,0	середня	5529	засолює
5,15	1,69	5,38	не прид.	17,9	середня	9598	засолює
3,30	1,39	4,80	не прид.	9,7	низька	3759	засолює
4,76	1,59	5,18	не прид.	15,8	середня	7996	засолює
9,84	3,14	8,29	не прид.	30,9	дуже висока	13085	засолює
3,76	1,40	4,82	не прид.	10,8	середня	4515	засолює
3,87	1,61	5,23	не прид.	18,0	середня	10184	засолює
3,64	1,40	4,81	не прид.	10,1	середня	4007	засолює

Таблиця 5.9 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Меняйлівка, 94 км) за методиками США, Собольч – Дараба і Келлі – Либіха

№	Класифікація США	Собольч і Дараб		Келлі і Либіх		
	Мінералізація	$K_{Mg}$	Вплив	$K_{Na}$	$K_{Mg}$	Можл. використання
1	непридатна	61	шкідливе	1,20	0,61	не можл.
2	дуже висока	51	шкідливе	1,06	0,51	не можл.
3	непридатна	60	шкідливе	1,10	0,60	не можл.
4	непридатна	63	шкідливе	1,25	0,63	не можл.
5	непридатна	67	шкідливе	1,12	0,67	не можл.
6	дуже висока	50	шкідливе	1,23	0,50	не можл.
7	непридатна	66	шкідливе	1,49	0,66	не можл.
8	дуже висока	73	шкідливе	0,82	0,73	не можл.
9	непридатна	67	шкідливе	1,12	0,67	не можл.
10	непридатна	58	шкідливе	3,51	0,58	не можл.
11	непридатна	48	не шкідливе	1,89	0,48	не можл.
12	непридатна	50	шкідливе	0,68	0,50	можливо
13	непридатна	63	шкідливе	1,18	0,63	не можл.
14	непридатна	58	шкідливе	1,10	0,58	не можл.
15	непридатна	62	шкідливе	2,44	0,62	не можл.
16	непридатна	60	шкідливе	0,99	0,60	можливо
17	непридатна	40	не шкідливе	1,12	0,40	не можл.
18	непридатна	55	шкідливе	1,02	0,55	не можл.
19	непридатна	61	шкідливе	1,20	0,61	не можл.

Таблиця 5.10 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Білолісся, 14 км) 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
1	непридатна	65	шкідливе	1,41	0,65	не можл.
2	непридатна	58	шкідливе	1,27	0,58	не можл.
3	непридатна	55	шкідливе	1,60	0,55	не можл.
4	непридатна	68	шкідливе	1,36	0,68	не можл.
5	непридатна	54	шкідливе	1,62	0,54	не можл.
6	непридатна	63	шкідливе	1,67	0,63	не можл.
7	непридатна	64	шкідливе	1,50	0,64	не можл.
8	непридатна	61	шкідливе	1,07	0,61	не можл.
9	непридатна	69	шкідливе	1,35	0,69	не можл.
10	дуже висока	29	не шкідливе	0,87	0,29	можливо
11	непридатна	57	шкідливе	1,58	0,57	не можл.
13	непридатна	75	шкідливе	1,79	0,75	не можл.
14	непридатна	59	шкідливе	1,63	0,59	не можл.
15	дуже висока	44	не шкідливе	0,75	0,44	можливо
16	непридатна	66	шкідливе	1,59	0,66	не можл.
17	непридатна	67	шкідливе	1,69	0,67	не можл.
18	непридатна	58	шкідливе	1,39	0,58	не можл.
19	непридатна	67	шкідливе	1,59	0,67	не можл.
20	непридатна	68	шкідливе	3,14	0,68	не можл.
21	непридатна	63	шкідливе	1,40	0,63	не можл.
22	непридатна	58	шкідливе	1,61	0,58	не можл.
23	непридатна	62	шкідливе	1,40	0,62	не можл.



Таблиця 5.11 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Меняйлівка, 94 км) за методикою Бездніної С.Я.

№	I - придатні для зрошення всіх типів ґрунтів; II - придатні для зрошення більшості типів ґрунтів; III(1-5) - потребують у покращенні розбавленням; III(6,7) - потребують у хімічній меліорації; III(8-12) - потребують у хімічній меліорації і розбавленні; IV - умовно придатні; V- непридатні					
	Загальна мінераліз.	$rNa^+$ , % від суми катіонів	I-II	III	IV	V
1	4034	55		III(1-5)		
2	2821	52		III(1-5)		
3	4250	52		III(1-5)		
4	3734	56		III(1-5)		
5	3405	53		III(1-5)		
6	2535	55		III(1-5)		
7	3033	60		III(1-5)		
8	2577	45		III(1-5)		
9	3205	53		III(1-5)		
10	3480	78			IV4	
11	4434	65		III(6,8,10-12)		
13	3162	40		III(1-5)		
14	3075	54		III(1-5)		
15	3231	52		III(1-5)		
16	3863	71			IV4	
17	3377	50		III(1-5)		
18	3256	53		III(1-5)		
19	3037	51		III(1-5)		

Таблиця 5.12 – Оцінка якості вод річки Сарата (с. Білолісся, 14 км) за методикою Бездніної С.Я.

№	I - придатні для зрошення всіх типів ґрунтів; II - придатні для зрошення більшості типів ґрунтів; III(1-5) - потребують удосконалення розведенням; III(6,7) - потребують удосконалення хімічної меліорації; III(8-12) - потребують удосконалення хімічної меліорації і розведенням; IV - умовно придатні; V- непридатні					
	Загальна мінералізація	$rNa^+$ , % від суми катіонів	I-II	III	IV	V
1	4066	59		III(1-5)		
2	5304	56				V
3	6178	62				V
4	5514	58				V
5	6631	62				V
6	9709	63				V
7	9174	60				V
8	3894	52		III(1-5)		
9	6130	57				V
10	2332	47		III(1-5)		
11	6353	61				V
13	6913	64				V
14	5003	62				V
15	1827	43		III(1-5)		
16	5529	61				V
17	9598	63				V
18	3759	58		III(1-5)		
19	7996	61				V
20	13085	76				V
21	4515	58		III(1-5)		
22	10184	62				V
23	4007	58		III(1-5)		

Таблиця 5.13 – Розрахунок показника суми токсичних іонів в еквівалентах хлорид-іонів для вод річки Сарата (с. Меньяйлівка, 94 км)

$rCO_3^{2-}$	$rHCO_3^-$	$rSO_4^{2-}$	$rCl^-$	$rCa^{2+}$	$rMg^{2+}$	$rNa^{2+}$	Під-тип вод	$e(rCl^-)$
мг-екв./дм <sup>3</sup>								
0,20	6,80	33,22	22,50	10,98	17,49	34,25	Пб	23,5
0,20	8,30	22,72	11,00	9,98	10,50	21,75	Пб	12,0
0,00	9,00	35,67	20,50	12,48	18,50	34,21	Пб	20,5
0,00	6,80	32,14	18,50	9,48	16,00	31,97	Пб	18,5
0,40	8,50	21,60	23,00	8,23	17,00	28,27	Па	25,0
0,00	7,60	19,51	10,75	8,48	8,50	20,88	Пб	10,8
0,00	5,00	23,74	18,50	6,49	12,50	28,27	Пб	18,5
0,00	7,80	18,23	14,00	5,99	16,00	18,05	Па	14,0
0,40	8,50	21,60	23,00	8,23	17,00	28,27	Па	25,0
0,00	10,89	33,08	5,00	4,49	6,33	37,95	I	5,0
1,60	8,80	38,80	17,25	11,98	11,00	43,50	Пб	25,2
0,80	7,60	26,64	13,50	14,47	14,50	19,57	Пб	17,5
0,40	7,40	25,11	14,00	7,98	13,50	25,44	Пб	16,0
0,00	8,00	28,41	12,25	9,73	13,50	25,44	Пб	12,3
0,00	10,80	36,00	9,00	6,24	10,00	39,59	Па	9,0
0,00	7,50	29,13	15,00	10,48	15,49	25,66	Пб	15,0
0,40	2,60	29,71	18,00	14,47	9,50	26,74	Пб	20,0
0,80	7,80	25,39	12,00	10,23	12,50	23,27	Пб	16,0

Таблиця 5.14 – Розрахунок показника суми токсичних іонів в еквівалентах хлорид-іонів для вод річки Сарата (с. Білолісся, 14 км)

$rCO_3^{2-}$	$rHCO_3^-$	$rSO_4^{2-}$	$rCl^-$	$rCa^{2+}$	$rMg^{2+}$	$rNa^{2+}$	Під-тип вод	$e(rCl^-)$
мг-екв./дм <sup>3</sup>								
0,20	8,40	21,43	35,00	9,48	17,49	38,06	Пб	36,0
0,00	8,40	41,23	33,25	15,47	21,00	46,43	Пб	33,2
0,00	9,80	34,05	55,00	16,97	21,00	60,90	Пб	55,0
1,00	12,50	21,73	54,50	11,98	25,99	51,76	Ша	59,5
0,00	6,00	51,64	47,00	18,46	21,49	64,70	Пб	47,0
0,60	10,70	74,02	68,00	21,46	35,99	95,91	Пб	71,0
0,00	9,60	68,85	67,50	20,96	37,49	87,54	Пб	67,5
0,00	8,60	26,90	25,50	11,48	18,00	31,54	Пб	25,5
0,00	11,45	26,31	51,76	11,78	26,38	51,33	Шб	51,8
0,00	10,00	8,02	17,50	13,47	5,50	16,53	Шб	17,5
0,40	8,80	48,63	41,50	16,47	22,00	60,89	Пб	43,5
0,80	11,60	41,84	56,00	9,98	29,49	70,80	Па	60,0
0,00	10,40	40,24	25,50	11,98	17,00	47,19	Пб	25,5
1,00	5,90	12,04	9,00	8,98	7,00	11,96	Пб	14,0
0,00	7,20	43,53	36,00	11,48	22,00	53,28	Пб	36,0
0,40	10,50	74,66	66,00	18,46	37,99	95,15	Пб	68,0
0,00	5,50	32,93	19,50	10,23	14,00	33,71	Пб	19,5
0,00	8,40	56,93	62,50	16,47	33,00	78,40	Пб	62,5
0,00	3,50	133,08	64,00	15,47	33,00	152,2	Пб	64,0
0,00	5,60	37,18	28,00	10,98	18,50	41,32	Пб	28,0
0,60	10,50	69,28	82,50	25,95	36,49	100,5	Пб	85,5
0,00	6,30	32,48	23,50	9,98	16,00	36,32	Пб	23,5

Таблиця 5.15 – Результати статистичної обробки гідрохімічних спостережень р. Сарата (с. Міняйлівка) (теплий період)

Значення	$M_0$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	Сток
сер., мг/дм <sup>3</sup>	3362	473	1336	547	190	162	655	9,8	2586
мін., мг/дм <sup>3</sup>	2535	159	876	177	90,0	76,9	415	0,8	1859
макс., мг/дм <sup>3</sup>	4434	664	1864	815	290	225	1000	20,0	3534

Значення	$CO_3^{2-}$		$Na_2CO_3$		$MgCO_3$		$Ca(HCO_3)_2$		$NaHCO_3$		$Mg(HCO_3)_2$		$CaSO_4$		$Na_2SO_4$		$MgSO_4$		$CaCl_2$		$NaCl$		$MgCl_2$		
	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	сер., мг/дм <sup>3</sup>	мін., мг/дм <sup>3</sup>	макс., мг/дм <sup>3</sup>	
сер., мг/дм <sup>3</sup>	17,3	0,0	16,9	31,5	5,8	194	208	929	755	0,0	902	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
мін., мг/дм <sup>3</sup>	48,0	0,0	16,9	80,1	5,8	463	781	2340	1113	0,0	1344	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
р%	50,0	0,0	11,1	38,9	5,6	27,8	72,2	100	100	0,0	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Значення	Клас		Група		Тип																				
	сер.	р%	сер.	р%																					
сер.	карбонатно	16	хлоридно	30	сульфатні	54	кальцієво	18	магнієво	26	натрієві	56													
р%			карбонатні - 0,0		сульфатні - 88,9				кальцієві - 0,0		магнієві - 0,0														
			хлоридні - 11,1						натрієві - 100																

Значення	Костяков А.М.		Безднина С.Я.		Мажейко А.М.		Ворошич Т.К.		Антіпов-Карагаєв І.Н.		Калер Г.М.		Буданов А.М.					
	$M_0$	Оцінка	$Na^+$ , %	Оцінка	$K$	Оцінка	$0,23M_0$	ІРКО	Оцінка	$K_1$	$K_2$	$K_3$	Оцінка	$K_1$	$K_2$	$K_3$	Оцінка	
сер.	3362	засоюз	56	III(1-5)	71,6	несприятл.	0,77	0,40	не придатна	3,01	1,25	4,51	не придатна	3,01	1,25	4,51	не придатна	
р%		підвищ. небезп.	- 16,7	III - 83,3		сприятлива	- 11,1		не придатна	- 11,1								
		засоюз	- 83,3	IV - 5,6		несприятл.	- 66,7		не придатна	- 88,9								
				V - 11,1		дуже неспр.	- 22,2											

Значення	Класифікація США		Стеблер Х.		Департамент с/х США		Сабольч І. і Дараб К.		Келлі і Лібіх		
	$M_0$	Согноість	$K_M$	Оцінка	SAR	Небезпечна	$K_{Mg}$	Вплив на ґрунти	$K_{Ca}$	$K_{Mg}$	Можливість використання
сер.	3362	непридатна	3,2	незадовільна	8,44	низька	58	шкідливе	1,25	0,58	не можливо
р%		дуже висока	- 16,7	незадовільна - 100		низька - 83,3		шкідливе - 11,1			
		непридатна	- 83,3			середня - 16,7		шкідливе - 88,9			
											можливо - 11,1
											не можливо - 88,9



В середньому води річки Сарата у верхній (с. Меньяйлівка) і нижній (с. Білолісся) частинах відносяться до підтипу ІІб. Але умови формування їх якості такі, що протягом ТПР вони можуть бути наступних підтипів: ІІа і ІІб, ІІІа і ІІІб. Тобто, протягом теплого і холодного періодів частіше появляються води підтипу ІІб. Він є переважаючим.

Загальна концентрація токсичних іонів в водах річки Сарата (с. Меньяйлівка) протягом ТПР в середньому складає  $2586 \text{ мг/дм}^3$  (при діапазоні –  $1859\text{?}3534 \text{ мг/дм}^3$ ). А загальна концентрація токсичних іонів в водах річки Сарата (с. Білолісся) протягом ТПР в середньому складає  $5131 \text{ мг/дм}^3$  (при діапазоні –  $1157\text{?}11993 \text{ мг/дм}^3$ ).

Токсичні солі у водах річки Сарата с. Меньяйлівка представлені:  $\text{NaCl}$  в середньому  $902 \text{ мг/дм}^3$  (до  $1344 \text{ мг/дм}^3$ ) (за ступенем токсичності ця сіль розташовано одразу за питною содою  $\text{NaHCO}_3$ ); крім того, протягом ТПР можуть ще утворитися менш токсичні солі:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у середньої кількості  $929 \text{ мг/дм}^3$  (до  $2340 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100% і  $\text{MgSO}_4$  –  $755 \text{ мг/дм}^3$  (до  $1113 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100%. А токсичні солі у водах річки Сарата с. Білолісся представлені:  $\text{NaCl}$  в середньому  $2563 \text{ мг/дм}^3$  (до  $4821 \text{ мг/дм}^3$ ) (за ступенем токсичності ця сіль розташовано одразу за питною содою  $\text{NaHCO}_3$ ); крім того, протягом ТПР можуть ще утворитися менш токсичні солі:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у середньої кількості  $1351 \text{ мг/дм}^3$  (до  $6267 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 86,4% і  $\text{MgSO}_4$  –  $1392 \text{ мг/дм}^3$  (до  $2287 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100%.

Випаровування води річки Сарата (с. Меньяйлівка) шаром 10 мм на площі 1 га може привести до утворення в середньому  $259 \text{ кг/га}$  (до  $353 \text{ кг/га}$ ) токсичних солей, з яких:  $90 \text{ кг/га}$  (до  $134 \text{ кг/га}$ ) буде  $\text{NaCl}$ ;  $93 \text{ кг/га}$  (до  $234 \text{ кг/га}$ ) –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $76 \text{ кг/га}$  (до  $111 \text{ кг/га}$ ) –  $\text{MgSO}_4$ . А випаровування води річки Сарата (с. Білолісся) шаром 10 мм на площі 1 га може привести до утворення в середньому  $531 \text{ кг/га}$  (до  $1199 \text{ кг/га}$ ) токсичних солей, з яких:  $256 \text{ кг/га}$  (до  $481 \text{ кг/га}$ ) буде  $\text{NaCl}$ ;  $135 \text{ кг/га}$  (до  $627 \text{ кг/га}$ ) –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $139 \text{ кг/га}$  (до  $229 \text{ кг/га}$ ) –  $\text{MgSO}_4$ .

Води річки Сарата (с. Меньяйлівка) за класифікацією Костякова А.М. з

ймовірністю 83% протягом ТПР відносяться до класу вод, що «засолює ґрунт» при поливі, 17% ТПР до класу – «підвищено небезпечні»; за класифікацією США (83%) – з «непридатною» солоністю і 17% ТПР з «дуже високою» солоністю. При використанні для поливу вод річки Сарата відбудеться засолення ґрунту. А води річки Сарата (с. Білолісся) за класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 91% протягом ТПР відносяться до класу вод, що «засолює ґрунт» при поливі, 9% ТПР до класу – «підвищено небезпечні»; за класифікацією США (91%) – з «непридатною» солоністю і 9% ТПР з «дуже високою» солоністю. При використанні для поливу вод річки Сарата відбудеться засолення ґрунту.

За класифікацією Бездніної С.Я. води річки Сарати (с. Меньяйлівка) відносяться до категорії III (води обмежено придатні (III1-5 – потребують покращання розводженням, III6-7 – потребують хімічної меліорації, III8-12 – потребують розбавлення та хімічної меліорації) з ймовірністю 83% протягом ТПР; до категорії IV (води умовно придатні (IV1 – потребують хімічної меліорації, IV2-4 – потребують розбавлення та хімічної меліорації) – з ймовірністю 6% та до категорії V (води не придатні для зрошення ) з ймовірністю 11%.

За класифікацією Бездніної С.Я. води річки Сарати (с. Білолісся) відносяться до категорії V (води не придатні для зрошення.) з ймовірністю 68% протягом ТПР; до категорії III (води обмежено придатні (III1-5 – потребують покращання розводженням, III6-7 – потребують хімічної меліорації, III8-12 – потребують розбавлення та хімічної меліорації);– з ймовірністю 32% та до категорії V (води не придатні для зрошення ) з ймовірністю 68%.

Небезпека осолонцювання (табл. 5.3-5.12, 5.15 і 5.16):

за методикою Стеблера Х. протягом усього ТПР води в с. Меньяйлівка незадовільні, непридатна для зрошення всіх культур; води в с. Білолісся задовільні 4,5%, незадовільні – 45,5% та погані – 50%;

за Антиповим-Каратаєвим І.Н. і Кадером Г.М. в с. Меньяйлівка – води «придатні» для поливу на 11% ТПР, відповідно «непридатні» на 89%; води в



с. Білолісся - води «придатні» для поливу на 9% ТПР, відповідно «непридатні» на 91%;

за Будановим А.М. і в с. Меньяйлівка і в с. Білолісся – води «непридатні» для поливу на 100%;

за Можейко А.М. і Воротником Т.К. в с. Меньяйлівка – води «сприятливі» для поливу на 11% ТПР, «несприятливі» 67% ТПР та «дуже несприятливі» 22 % ТПР; в с. Білолісся – води «сприятливі» для поливу на 9% ТПР, «несприятливі» 36% ТПР та «дуже несприятливі»- 55% ТПР;

за показником SAR департаменту сільського господарства США в с. Меньяйлівка – небезпека осолонцювання «низька» 83% ТПР, а середня 17%; а в с. Білолісся небезпека осолонцювання «низька» 91% ТПР, а середня 9%;

кількість магнію у воді річки Сарата за Сабольчем І. і Дарабом К. в с. Меньяйлівка шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 89% ТПР і «не шкідливо» 11% ТПР; а в с. Білолісся шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 91% ТПР і «не шкідливо» 9% ТПР;

за Келлі і Лібіхом в с. Меньяйлівка – 89% ТПР осолонцювання «неможливе» і 11% – «можливе». А у с. Білолісся 91% ТПР осолонцювання «неможливе» і 9% – «можливе».

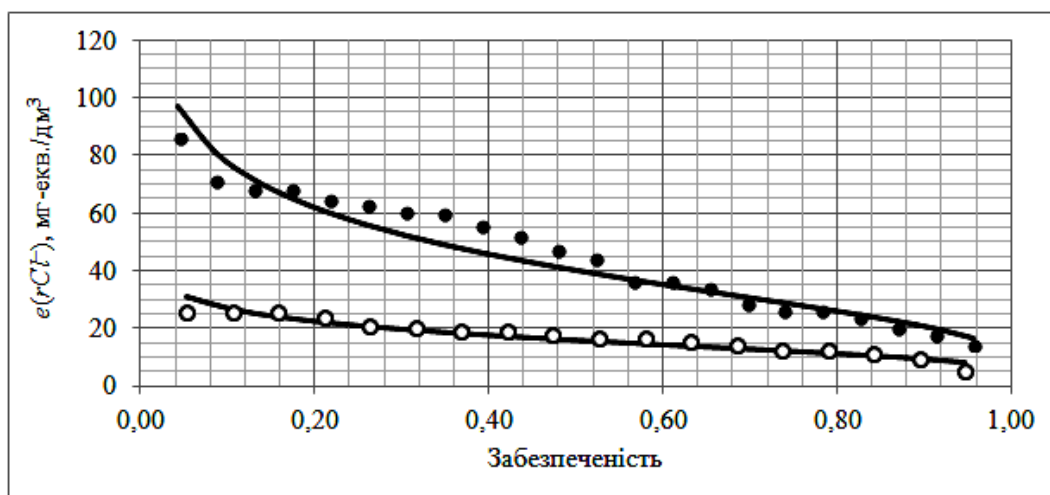


Рис. 5.2 – Розподіл значень показника  $e(rCT)$  в водах р.Сарата: маркер коло з чорною заливкою – с. Білолісся; маркер коло з білою заливкою – с. Меньяйлівка

За формулами (6)-(9) розраховані значення показника  $e(rCT)$  і за табл. 2.4 виконано оцінка можливості іригаційного засолення ґрунту при використанні для поливу вод річки Сарата за результатами термінових спостережень (табл. 5.1 і 5.2).

Для вод річки Сарата в с. Меньяйлівка (табл. 5.13) середнє значення показника  $e(rCT)$  становить 20 мг-екв/дм<sup>3</sup> при діапазоні від 5,0 до 25,0 мг-екв/дм<sup>3</sup> (рис. 5.2).

Для вод річки Сарата в с. Білолісся (табл. 5.14) середнє значення показника  $e(rCT)$  становить 40 мг-екв/дм<sup>3</sup> при діапазоні від 10,0 до 85,0 мг-екв/дм<sup>3</sup> (рис. 5.2).

Води річки Сарата с. Меньяйлівка за небезпекою іригаційного засолення ґрунту придатні для зрошення без обмежень (клас I) піщаних і супіщаних ґрунтів з ймовірністю 90% (часу усього теплого періоду), для легкосуглинкових і середньосуглинкових – 70%, важкосуглинкових і глинистих – 10%. Для легкосуглинкових і середньосуглинкових ґрунтів води Сарати обмежено придатні для поливу (клас не нижче II) протягом 90-95% теплого періоду, важко суглинкових і глинистих – 70%. Відповідно непридатні для зрошення (клас III) глинистих ґрунтів з ймовірністю 30%.

Води річки Сарата с. Білолісся за небезпекою іригаційного засолення ґрунту придатні для зрошення без обмежень (клас I) піщаних і супіщаних ґрунтів з ймовірністю 25% (часу усього теплого періоду), для легкосуглинкових і середньосуглинкових – 10%, важкосуглинкових і глинистих – 1%. Для легкосуглинкових і середньосуглинкових ґрунтів води Сарати обмежено придатні для поливу (клас не нижче II) протягом 19% теплого періоду, важко суглинкових і глинистих – 10%. Відповідно непридатні для зрошення (клас III) глинистих ґрунтів з ймовірністю 90%, середньо-суглинкових і важко-суглинкових – 80%, піщаних та супіщаних – 55%.

При використанні вод річки Сарати і в с. Меньяйлівка і в с. Білолісся є

ризик засолення ґрунту. В звичайних умовах такі води непридатні для зрошення, однак полив можливий за таких умов: доброї проникності ґрунтів; наявності дренажу; солестійкості культур.

Таблиця 5.17 – Ймовірність іригаційного класу якості вод р.Сарата (с. Меньяйлівка) за показником  $e(rCT)$

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

Таблиця 5.18 – Ймовірність іригаційного класу якості вод р.Сарата (с. Білолісся) за показником  $e(rCT)$

Сарата, с. Білолісся (параметри закону розподілу $e(rCT)$ : $\check{C} = 3,696$ ; $\check{G} = 0,5153$ )						
Ймовірність (%) класу якості вод для різних ґрунтів						Клас якості води
Піщаний	Супіщаний	Легко-суглинковий	Середньо-суглинковий	Важко-суглинковий	Глинистий	
28	20	12	6	2	0	I
21	22	21	18	14	8	II
51	59	67	76	84	91	III

## ВИСНОВКИ

1. Протягом теплого періоду року (ТПР) загальна мінералізація вод річки Сарата суттєво змінюється по довжині: у с. Меньяйлівка (94 км від устя) в середньому вона становить  $3,4 \text{ г/дм}^3$  при діапазоні  $2,5\text{?}4,4 \text{ г/дм}^3$ , у с. Білолісся (14 км від устя) –  $6,3 \text{ г/дм}^3$  і  $1,8\text{?}13,1 \text{ г/дм}^3$  відповідно.

2. За класифікацією Альокіна О.А. води річки Сарата відносяться: до класу «сульфатні» у с. Меньяйлівка протягом 89% ТПР і «хлоридні» – 11%; у с. Білолісся – до класу «сульфатні» протягом 64% і «хлоридні» – 36%; по всій довжині до групи «натрієві» протягом 100% ТПР.

3. Протягом ТПР відповідно мінералізації в водах річки Сарата по довжині змінюється загальна концентрація токсичних іонів: у с. Меньяйлівка в середньому дорівнює  $2,6 \text{ г/дм}^3$  (при діапазоні –  $1,9\text{?}3,5 \text{ г/дм}^3$ ); у с. Білолісся –  $5,1 \text{ г/дм}^3$  і  $1,2\text{?}12,0 \text{ г/дм}^3$ .

4. Токсичні солі у водах річки Сарата с. Меньяйлівка представлені:  $\text{NaCl}$  в середньому  $902 \text{ мг/дм}^3$  (до  $1344 \text{ мг/дм}^3$ ) (за ступенем токсичності ця сіль розташовано одразу за питною содою  $\text{NaHCO}_3$ ); крім того, протягом ТПР можуть ще утворитися менш токсичні солі:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у середньої кількості  $929 \text{ мг/дм}^3$  (до  $2340 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100% і  $\text{MgSO}_4$  –  $755 \text{ мг/дм}^3$  (до  $1113 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100%. А токсичні солі у водах річки Сарата с. Білолісся представлені:  $\text{NaCl}$  в середньому  $2563 \text{ мг/дм}^3$  (до  $4821 \text{ мг/дм}^3$ ) (за ступенем токсичності ця сіль розташовано одразу за питною содою  $\text{NaHCO}_3$ ); крім того, протягом ТПР можуть ще утворитися менш токсичні солі:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у середньої кількості  $1351 \text{ мг/дм}^3$  (до  $6267 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 86,4% і  $\text{MgSO}_4$  –  $1392 \text{ мг/дм}^3$  (до  $2287 \text{ мг/дм}^3$ ) з ймовірністю 100%.

5. Води річки Сарата (с. Меньяйлівка) за класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 83% протягом ТПР відносяться до класу вод, що «засолює ґрунт» при поливі, 17% ТПР до класу – «підвищено небезпечні»; за класифікацією США (83%) – з «непридатною» солоністю і 17% ТПР з «дуже високою»

солоністю. При використанні для поливу вод річки Сарата відбудеться засолення ґрунту. А води річки Сарата (с. Білолісся) за класифікацією Костякова А.М. з ймовірністю 91% протягом ТПР відносяться до класу вод, що «засолює ґрунт» при поливі, 9% ТПР до класу – «підвищено небезпечні»; за класифікацією США (91%) – з «непридатною» солоністю і 9% ТПР з «дуже високою» солоністю. При використанні для поливу вод річки Сарата відбудеться засолення ґрунту.

6. За класифікацією Бездніної С.Я. води річки Сарати (с. Меньяйлівка) відносяться до категорії III (води обмежено придатні (III1-5 – потребують покращання розводженням, III6-7 – потребують хімічної меліорації, III8-12 – потребують розбавлення та хімічної меліорації) з ймовірністю 83% протягом ТПР; до категорії IV (води умовно придатні (IV1 – потребують хімічної меліорації, IV2-4 – потребують розбавлення та хімічної меліорації) – з ймовірністю 6% та до категорії V (води не придатні для зрошення ) з ймовірністю 11%.

За класифікацією Бездніної С.Я. води річки Сарати (с. Білолісся) відносяться до категорії V (води не придатні для зрошення.) з ймовірністю 68% протягом ТПР; до категорії III (води обмежено придатні (III1-5 – потребують покращання розводженням, III6-7 – потребують хімічної меліорації, III8-12 – потребують розбавлення та хімічної меліорації);– з ймовірністю 32% та до категорії V (води не придатні для зрошення ) з ймовірністю 68%.

7. Кількість магнію у воді річки Сарата за Сабольчем І. і Дарабом К. в с. Меньяйлівка шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 89% ТПР і «не шкідливо» 11% ТПР; а в с. Білолісся шкідливо впливає на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 91% ТПР і «не шкідливо» 9% ТПР;

8. За Келлі і Лібіхом в с. Меньяйлівка – 89% ТПР осолонцювання «неможливе» і 11% – «можливе». А у с. Білолісся 91% ТПР осолонцювання «неможливе» і 9% – «можливе».

9. Вище проти течії іригаційні властивості Сарати (с.Меняйлівка) поліпшуються. За показником суми токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів води потребують обережний підхід при поливі піщаних, супіщаних, легко- і середньосуглинкових ґрунтів. При поливі важкосуглинкових та глинистих ґрунтів води Сарати, (с.Меняйлівка) сприяють їх засоленню протягом 15–30% ТП.

10. У цілому можна зробити висновок: при використанні вод річки Сарати і у с. Меняйлівка і у с. Білолісся для поливу відбудеться засолення ґрунту. В звичайних умовах такі води непридатні для зрошення, однак полив можливий при їх розбавленні та хімічної меліорації.

## 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 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. Аздаев 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. Основи гідрохімії: підручник. Київ: Ніка-Центр, 2012. 312 с.



## ДОДАТОК

## ДОДАТОК А

## ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Караулов В.Д., Житкевич М.Я., наук. кер. Юрасов С.М. Удосконалення методики оцінки якості іригаційних вод в ДСТУ 2730:2015. / Міжнародний науковий журнал «Грааль науки». № 25 (березень, 2023). С. 190-197. URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/article/view/1019/1037>  
<https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=3574668> (*Index Copernicus*)
2. Юрасов С. М., Караулов В. Д., Житкевич М.Я. Иригаційні властивості вод і їх мінливість на прикладі водних об'єктів Одеської області. / Аграрні інновації / Інститут. кліматично орієнтованого сільського господарства НААН. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 17. с. 62-68. URL: <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/360/390> (**101 – Екологія**)