МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра екології та охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Сучасний стан і можливості використання водосховища Сасик»

Виконав студент 2 курсу групи МЕЕБ-61
спеціальності 101 – Екологія
Федькович Костянтин Вікторович

Керівник к.т.н. доц.
Юрасов Сергій Миколайович

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

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *магістерської та аспірантської підготовки*
Кафедра *екології та охорони довкілля*
Рівень вищої освіти *магістр*
Спеціальність *101 – Екологія*
Освітньо-професійна програма *Охорона навколишнього середовища*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *екології та охорони довкілля*
_____*Сафранов Т.А.*
« 29» жовтня 2018 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Федьковичу Костянтину Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *«Сучасний стан і можливості використання водосховища Сасик»*
керівник роботи *Юрасов Сергій Миколайович, к.т.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «*05» жовтня* 2018 *р. № 271-«С»*

2. Строк подання студентом роботи *«10» грудня 2018 р.*

3. Вихідні дані до роботи *дані досліджень БУВР, нормативна та технічна література, архівні матеріали, результати гідрохімічних спостережень Одеського обласного управління водних ресурсів на вдсх Сасик біля ГНС-2 с.Трапівка.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)*Фізико-географічна, метеорологічна, гідрологічна, гідрохімічна, гідробіологічна характеристика вдсх Сасик; статистична обробка результатів спостережень; основні положення оцінки іригаційних кондицій вод; якість вод Сасику як об'єкта іригаційного призначення; якість вод Сасику як об'єкта рибогосподарського та рекреаційного призначення; висновки.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Рисунки – розташування Сасику; гребля; канал Дунай-Сасик.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

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

7.Дата видачі завдання *«29» жовтня 2018 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської каліф. роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	*Збір інформації про Сасик: географічне положення, метеорологічна, гідрологічна, гідрохімічна та гідробіологічна характеристики.*	*29.10.18-05.11.18*	*80*	*4 (добре)*
2	*Аналіз літературних джерел*	*06.11.18-14.11.18*	*80*	*4 (добре)*
3	*Обробка результатів спостережень за якістю вод Сасику*	*15.11.18-18.11.18*	*80*	*4 (добре)*
	Рубіжна атестація	***19.11.18-24.11.18***	***80***	***4 (добре)***
4	*Оцінка якості вод Сасику як об'єкту іригаційного призначення. Оцінка якості вод Сасику за санітарними та рибогосподарськими нормами.*	*25.11.18-30.11.18*	*80*	*4 (добре)*
5	*Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.*	*31.11.18-10.12.18*	*80*	*4 (добре)*
6	*Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи, презентаційного матеріалу до публічного захисту та доповіді. Рецензування роботи.*	*11.12.18-10.12.18*	*80*	*4 (добре)*
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			*80,0*	*4 (добре)*

Студент _____ Федькович К.В.

Керівник роботи _____ Юрасов С.М.

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну магістерську роботу студента ІІ курсу Федьковича К.В. за темою: «Сучасний стан і можливості використання водосховища Сасик»

Актуальність теми. Лиман Сасик за рахунок відділення його від моря дамбою і з'єднання каналом з Дунаєм був перетворений в прісне водосховище для поливу земель Татарбунарського та Саратського районів. Але проектна кондиція води не була досягнута перш за все тому, що мінералізація дунайської води у водосховищі збільшувалася через надходження солей, що накопичилися в донних відкладеннях солоноводного лиману за час його існування. Процес формування якості вод в Сасику на теперішній час (через сорок років його існування як водосховища) стабілізувався. Сьогодні проблема зрошення земель Татарбунарського та Саратського районів залишається актуальною. Тому оцінка якості вод Сасику як об'єкту іригаційного призначення є актуальною.

Мета дослідження – визначення стану водосховища Сасик як об'єкта іригаційного призначення і можливостей його подальшого використання.

Об'єкт дослідження – якість вод водосховища Сасик.

Предмет дослідження – оцінка іригаційних кондицій вод Сасику.

Методи дослідження – методи первинної та вторинної статистичної обробки результатів спостережень.

Результати досліджень. У роботі зібрана інформація і складені фізико-географічна, метеорологічна, гідрологічна, гідрохімічна і гідробіологічна характеристики водоймища Сасик; виконано статистична обробка результатів гідрохімічних спостережень за якістю вод; виконана оцінка якість вод Сасику за різними іригаційними критеріями, а також за рибогосподарськими і санітарними нормами; виконано екологічна оцінка стану водосховища за діючою методикою, зроблені висновки.

Елементи наукової новизни полягають у детальному дослідженні стану вод Сасику за різними методиками включаючи аналіз гіпотетичних солей у воді, а також в визначенні ймовірності (частоти появлення) різних класів якості вод Сасику як об'єкта іригаційного призначення.

Теоретичне та практичне значення роботи полягає в запропонуванні оцінки якості вод за даними кожного терміна спостережень протягом деякого тривалого періоду часу, такий підхід дозволяє визначити частоту (ймовірність) формування вод різної якості та приймати відповідальні рішення для можливості використання цих вод в тих або інших цілях.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4 основних розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи складає 72 стор., 5 рис., 28 табл., 32 літературних джерела.

***Ключові слова*:** водосховище Сасик, оцінка якості, іригаційне призначення.

SUMMARY

on qualifying master's work of the second year student Fedkovich K.V. on the theme: "Current Status of the Sasyk Reservoir and Capabilities for its Management"

Actuality of theme. Lyman Sasyk was converted into a fresh water reservoir for irrigation of the Tatarbunar and Saratsky districts, due to its separation from the sea by the dam and the connection with the canal with the Danube. But the design condition of water was not achieved primarily because the mineralization of the Danube water in the reservoir increased due to the arrival of salts accumulated in the bottom sediments of the salt-water estuary during its existence. The process of water quality formation in Sasyk has stabilized at present (after forty years of its existence as a reservoir). Today, the problem of Irrigation of the Tatarbunar and Saratsky areas remains relevant. Therefore, estimating the quality of Sasaki waters as an object of irrigation purposes is relevant.

The purpose of the study is to determine the state of the Sasyk reservoir as an object of irrigation purposes.

The object of the study is the quality of the water of the Sasyk reservoir.

The subject of the study is the analysis of the quality of Sasaki waters as a water facility for irrigation purposes.

Methods of research - methods of primary and secondary statistical processing of the results of observations.

Research results. The information is collected and physical-geographical, meteorological, hydrological, hydrochemical and hydrobiological characteristics of Sasyk reservoir are compiled; statistical processing of results of hydrochemical observations on water quality; the quality assessment of Sasyk waters has been carried out according to various irrigation criteria, as well as fishery and sanitary norms; The ecological assessment of the reservoir's condition is carried out according to the current methodology, the conclusions are drawn.

The elements of scientific novelty consist in a detailed study of the state of Sasic waters using various methods, including the analysis of hypothetical salts in water, as well as in determining the probability (frequency of occurrence) of various classes of water quality Sasyk as an object of irrigation purposes.

The theoretical and practical value of the work is to propose the assessment of the quality of water according to the data of each term of observation over a long period of time, this approach allows determining the frequency (probability) of water of different quality and making responsible decisions for the possibility of using these waters for one or another purpose.

Structure and scope of work. The work consists of an introduction, 4 main sections, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of work is 72 pages, 5 figures, 28 tables, 32 literary sources.

Key words: Sasyk reservoir, quality estimation, irrigation purpose.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
	ВСТУП	8
1	СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОСХОВИЩА САСИК І РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
	1.1 Географічне положення	9
	1.2 Метеорологічна характеристика	11
	1.3 Гідрологічна характеристика водотоків і водоймищ басейну Сасику	14
	1.4 Гідрохімічна характеристика водних ресурсів	16
	1.5 Гідробіологічна характеристика	23
2	СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
	2.1 Теоретичні передумови	27
	2.2 Обробка результатів спостережень за якістю вод Сасику	34
3	ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД САСИКУ ЯК ОБ’ЕКТА ІРИГАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	40
	3.1 Основні положення оцінки іригаційних вод	40
	3.2 Іригаційна оцінка якості вод Сасику	55
4	ЯКІСТЬ ВОД САСИКУ ЯК ОБ’ЄКТА КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВОГО ТА РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	58
	4.1 Якість вод Сасику за санітарними нормами	58
	4.2 Якість вод Сасику за рибогосподарськими нормами	61
	4.3 Екологічна оцінка якості вод Сасику	66
	ВИСНОВКИ	68
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70
	ДОДАТКИ	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ДДЗС – Дунай-Дністровська зрошувальної система;

мтс. – метеостанція;

млн. – мільйон;

pH – показник концентрації іонів водню;

рр. – роки;

с. – селище;

заг. мін. – загальна мінералізація;

оз. – озеро;

од. – одиниць;

тис. – тисяч;

ГНС – головна насосна станція;

ХСК – хімічне споживання кисню у воді;

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини;

ін. – інше;

ГОСТ – государственный стандарт;

БСК – біохімічне споживання кисню у воді;

СанПіН – санітарні норми і правила;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ТП – теплий період:

р/г – рибогосподарська;

сан.-токс. – санітарно-токсикологічна;

токс. – токсикологічна;

орг. – органолептична;

ЛОШ – лімітуюча ознака шкідливості;

прим. – примітка;

заг. – загальносанітарна.

ВСТУП

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

Процес формування якості вод в Сасику на теперішній час (через сорок років його існування як водосховища) стабілізувався. Сьогодні проблема зрошення земель Татарбунарського та Саратського районів залишається актуальною. Тому оцінка якості вод Сасику як об'єкта іригаційного призначення є актуальною.

Мета дослідження – визначення стану водойми Сасик як об'єкта іригаційного призначення і можливостей його подальшого використання.

З*авдання дослідження*:

- зібрати інформацію і скласти фізико-географічну, гідрологічну, гідрохімічну і гідробіологічну характеристики водосховища Сасик;
- зібрати дані гідрохімічних спостережень за якістю вод Сасику і виконати їх статистичну обробку;
- оцінити якість вод Сасику за іригаційними, санітарними і р/г нормами.

Об'єкт дослідження – якість вод водосховища Сасик.

Предмет дослідження – оцінка іригаційних кондицій вод Сасику.

Елементи наукової новизни роботи полягають в детальному дослідженні стану вод Сасику за різними методиками включаючи аналіз гіпотетичних солей у воді, а також у визначенні ймовірності (частоти появлення) різних класів якості вод Сасику як об'єкта іригаційного призначення.

Результати роботи докладено на Всеукраїнської науково-практичної конференції (08.11.18 р. м. Харків) та двох Міжнародних науково-практичних конференціях (11.10.2018 р. м. Дніпро і 19.10.2018 м. Харків).

1 СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОСХОВИЩА САСИК І РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Географічне положення

Сасик, або Кундук – лиман на території Татарбунарського та Кілійського районів Одеської області на північно-західному узбережжі Чорного моря, поблизу гирла Дунаю; площа 215 км², глибина до 3,3 м, природний рівень Сасику на 0,3 м нижчий від рівня моря (рис. 1.1). Лиман видовжений на 35 км від моря при максимальній ширині 11 км [1].

Рисунок 1.1 – Розташування водоймища Сасик

До 1978 року складався з двох частин: північної солонуватоводної (опрісненої), в яку з півночі впадають річки Когильник та Сарата, та південної солоної. Від моря відокремлювався вузьким (до 0,5 км) піщаним пересипом, сполучався з ним протокою (рис. 1.2).

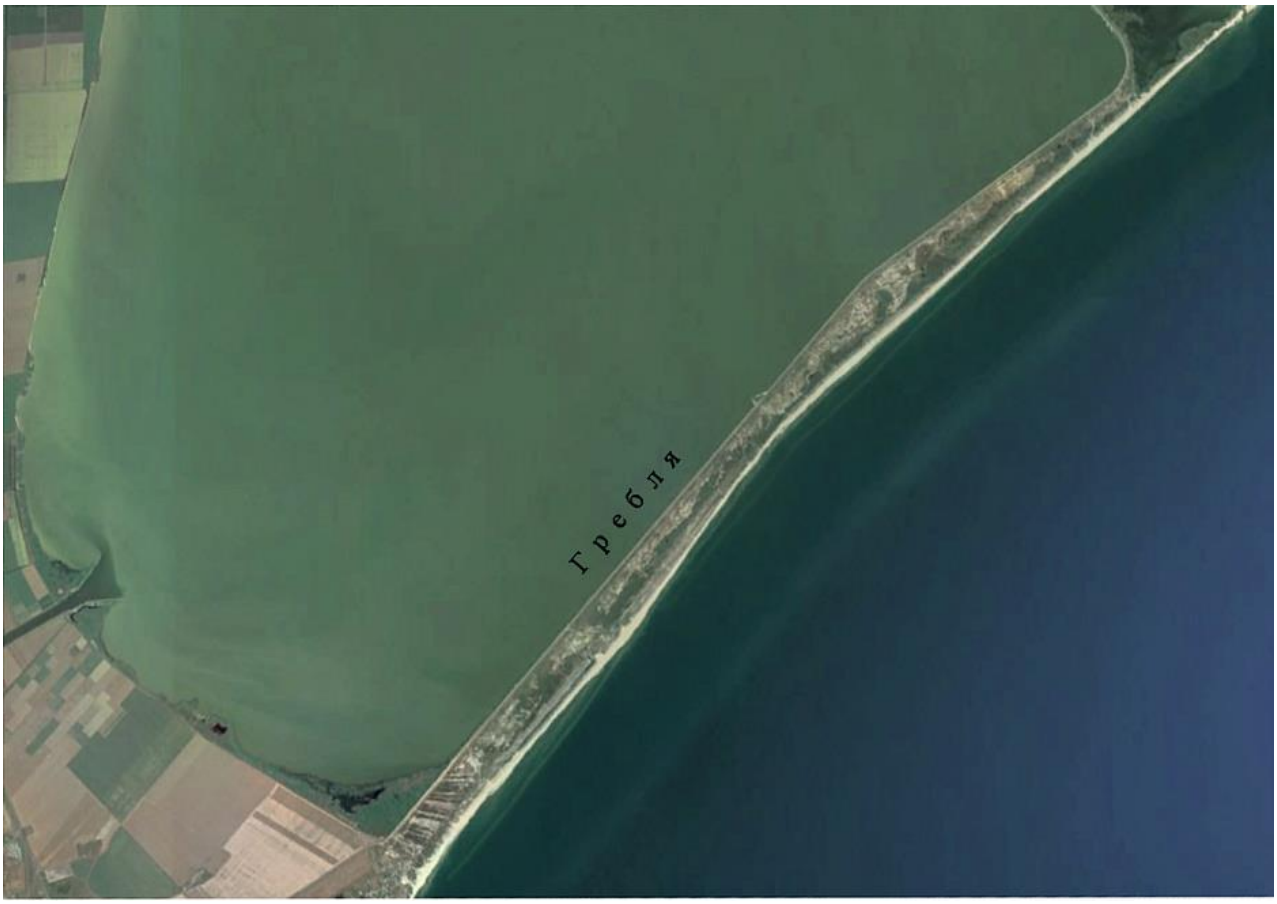

Рисунок 1.2 – Пересип і гребля Сасику

У деякі роки протоку замивало, і лиман ставав на два та більше років безстічним, що призводило до швидкого засолення. Найдовший період відокремлення від моря спостерігався в 1872-1879 рр., наприкінці якого Сасик майже висох.

В 1978 році в рамках побудови першої черги Дунай-Дніпровської зрошувальної системи (ДДЗС) лиман Сасик було відокремлено від моря шляхом розширення пересипу та укріплення його бетонними елементами, а сам лиман було поєднано з Дунаєм шлюзованим каналом (рис. 1.3) та обладнано системою шлюзів — водоскидів. Після чого почалось опріснення водойми за допомогою багаторазового промивання прісною водою з Дунаю для вимивання солей з донного мулу.

Рисунок 1.3 – Канал Дунай-Сасик

1.2 Метеорологічна характеристика

Дунай-Дністровська зрошувальна система знаходиться на Причорноморській низовині, клімат якої є умеренно-континентальним з теплим тривалим літом і щодо холодною взимку з нестійким сніжним покривом [2].

Характеристика метеорологічного режиму представлена на підставі багаторічних спостережень по метеостанціях Одеса (з 1984 р.), Білгород-Дністровський (з 1983 р.), Базарьянка (з 1945 р.), Сарата (з 1948 р.), Приморське (з 1946 р.).

Температура повітря. Середня багаторічна температура повітря на території коливається від 9,9°С (мст. Сарата) до 10,1°С (мст. Базарьянка).

Середньомісячна температура повітря найтеплішого місяця (липень) складає 21,2-22°С, максимальна досягає 41°С. Сума позитивних температур вище 10°С за теплий період рівна 3280-3520°С.

Найхолодніший місяць – січень, середньомісячна температура коливається від -1,5 до -2,6°С. Найбільш низькі температури спостерігаються в січні-лютому і опускаються до -33°С. Тривалість безморозного періоду коливається в межах від 178 до 217 діб в середньому по території, при максимумі 256 діб (мст. Одеса) і мінімумі 150 діб (мст. Базарьянка).

Характерні дати настання морозів приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характерні дати настання морозів

Пункт спостережень	Дата морозу					
	першого			останнього		
	середня	рання	пізня	середня	рання	пізня
Базаръянка	15.10	25.09.1956	21.11.1960	16.04	24.03.1950	8.05.1949
Сарата	14.10	17.09.1952	20.11.1960	18.04	24.03.1950	30.04.1949
Приморське	9.11			5.04		

Середня дата переходу середньодобової температури через 0°С доводиться на кінець лютого навесні і на середину грудня восени. Найбільш тепла частина літа з середньодобовими температурами повітря вище 20°С триває з середини червня до кінця серпня.

Вологість. Відносна вологість повітря змінюється протягом року; найбільша спостерігається в грудні-січні (87%), найменша – в липні (63%), Річний хід абсолютної вологості узгоджується з річним ходом температури повітря, мінімум спостерігається в січні (4,8-5,1 мБ), максимум – в липні (16,4-18,8 мБ). Дефіцит вологості повітря 4,4 мБ.

Опади. Дана територія відноситься до зони недостатнього зволоження. Середньорічна сума опадів по мст. Сарата складає 451 мм, максимальна річна сума опадів – 676 мм (1952 р.), мінімальна – 300 мм (1964 р.). Велика частина опадів випадає в теплу пору року у вигляді злив (60-70% від річної суми). Річна сума опадів 50%-ной забезпеченості складає 440 мм, 75%-ной забезпеченості – 378 мм, 95%-ной – 300 мм. Добовий максимум опадів – 104 мм.

Найбільша місячна кількість опадів по мст. Сарата представлена в таблиці 1.2. Максимальна інтенсивність опадів по мст. Одеса приведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Найбільша місячна кількість опадів по мс. Сарата

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Рік	1966	1901	1973	1958	1897	1952	1901	1973	1971	1952	1952	1969
Опади мм	134	98	61	91	190	190	149	197	128	102	128	111

Таблиця 1.3 – Максимальна інтенсивність опадів по мс. Одеса

Характеристика	Інтервал часу, хвилини			
	5	10	20	30
Інтенсивність	2	1,6	1.1	0,9
Дата	20.04.1969	21.07.1951	21.07.1951	

Сніжний покрив утворюється в кінці грудня і сходить на початку березня, причому, протягом зими може зійти і утворитися знов. Середня тривалість періоду з сніжним покривом складає 18-34 дні. Стійкий сніжний покрив утворюється в 10-15% всіх зим. Середня дата утворення сніжного покриву – 12.12, сходу – 05.03 (мс. Сарата). Середня багаторічна глибина промерзання ґрунту складає 34 см, максимальна –- 91-102 см.

Вітер. Для території ДДЗС переважають вітри північних румбів (близько 55%). Вітри південних румбів мають місце в 32% випадків спостережень. Північні вітри переважають в період листопад-лютий, південні – в період травень-вересень Середньорічна швидкість вітру по мс. Сарата – 4 м/с, по мст. Приморське – 5 м/с. Найбільші швидкості вітру різної вірогідності представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Найбільші швидкості вітру різної вірогідності

Метеостанція	1 рік	5 років	10 років	15 років	20 років
	P=100%	P=20%	P=10%	P=7,5%	P=5%
Сарата	24	28	30	31	32
Приморське	20	22	24	24	25

Термічний і льодовий режими лиману і водосховища Сасик залишилися практично без змін. Максимум температури води (21-28°С) наголошується влітку, мінімум (від -0,8 до -1°С) – взимку. Характерною межею термічного режиму Сасику є відсутність вертикальної стратифікації, що визначається його мілководістю. Льодові явища спостерігаються не щорічно. Льодостав може продовжуватися до 90 діб.

1.3 Гідрологічна характеристика водотоков і водоймищ басейну Сасику

Основними водотоками в басейні Сасику є річки Дунай, Когильник і Сарата з притоками. Площу їх водозбору охоплює більше 90% площі басейну Сасику [2]. Сумарна площа водозбору двох річок – 5160 км^2.

Характерною рисою є значна розораність водозборів – понад 50%. В середньому 5% площ водозбору річок урбанізовано.

Водотоки розташовані в основному на Причорноморській низовині, яка характеризується дефіцитом водних ресурсів. Водні ресурси басейну показані в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Водні ресурси річок

Водоток	км^2	С/С4	Норма стоку, млн. м^3	Річний стік забезпеченістю, млн.м^3					
				1	10	25	50	75	95
Когильник	3910	2,5	44,5	212,7	98,8	59,2	30,9	14,5	9,47
Сарата	1250	2,0	15,2	69,9	35,0	21,1	10,5	4,37	0,77

Внутрішньорічний розподіл водних ресурсів украй нерівномірно, як і багаторічний.

Основна частина стоку проходить, як правило, у весняні місяці при явищі весняної повені (близько 80-90%), в решту періодів стік незначний, або практично відсутній. Внутрішньорічний розподіл стоку, характерний для Причорноморського гідрогеологічного району представлено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Внутрішньорічний розподіл стоку, %

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Середній по водності рік												
4	10	73	5	4,5	2,5	0	0	0	0	0	0	100
Багатоводний рік												
2,5	7	81	4	2,5	1,5	0,5	0	0	0	0	0	100
Маловодний (Р = 75%)												
0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Дуже маловодний (Р = 95%)												
0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100

У маловодних і дуже маловодні роки весь стік проходить практично протягом місяця. Для багатоводного і середнього по водності роки характерна відсутність стоку в літньо-осінній період. Відсутність природного стоку може мати місце до 330 діб.

Максимальний стік на водотоках басейну проходить в період весняної повені, або літньо-осінніх дощових паводків, причому, величина максимальних витрат дощових паводків може перевищувати величину максимальних витрат весняної повені. Характеристика максимального стоку приведена в таблиці 1.7.

Необхідно відзначити, що об'єми весняної повені значно вище об’ємові літньо-осінніх дощових паводків.

Основні гідрологічні характеристики водотоку приведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.7 – Максимальний стік

Водоток	Характе-ристика	Забезпеченість, Р %			
		1	5	10	25
Весняна повінь					
Когильник	$м^3/с$	346	176	97,4	43,0
	$млн.м^3$	200	135	80,2	39,9
Сарата	$м^3/с$	146	77,4	51.1	20,4
	$млн.м^3$	86,9	50,1	34,3	16,7
Літньо-осінні паводки					
Когильник	$м^3/с$	388	225	155	82
	$млн.м^3$	106	61,3	34	17,8
Сарата	$м^3/с$	169	88,1	57,5	32,8
	$млн.м^3$	29,5	16,5	11,5	5,90

Таблиця 1.8 – Основні гідрологічні характеристики водотоку

Площа водозбірного басейну, $км^2$	Площа водозбірного басейну, $км^2$	Об'єм стоку 50% забезпеченості, млн. $км^3$		Період спостережень	Почало: період паводку
		Годовой	За паводок		
Дунай-Содомонов рукав					
816000	Снігове дощове ґрунтове	55200	24200	1921-95	IV-VI
р. Когильник					
3910	Снігове дощове ґрунтове	30	27,2		III-IV
р. Сарата					
1250	Снігове дощове ґрунтове	10,5	9,24		III-IV

1.4 Гідрохімічна характеристика водних ресурсів

У період 1966-1970 рр., коли лиману був зв'язаний з Чорним морем, загальна мінералізація води в лимані становила 11797-17390 $мг/дм^3$, що майже в

10 раз перевищувала нинішній стан. У хімічному складі води значно переважали токсичні солі хлору та натрію (табл. 1.9, за даними [3]).

Таблиця 1.9 – Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості природної води лиману Сасик – с. Борисівка за 1966-1970 рр.

Показники	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Число варіант
CO_3, мг/дм^3	22,5	1,7	5,9	13	32	20
HCO_3, мг/дм^3	194,6	4,4	15,2	180	238	20
Cl, мг/дм^3	7790,3	247,5	857,3	6240	9410	20
SO_4, мл/дм^3	1364,4	84,1	291,5	900	1785	20
Ca, мг/дм^3	224,1	3,7	12,8	201	245	20
Mg, мг/дм^3	592,2	23,2	80,4	429	690	20
Na, мг/дм^3	4313	172,8	598,5	3022	5480	20
K, мг/дм^3	181,4	3,0	10,4	160	200	20
Заг. мін., мг/дм^3	14682,5	400,9	1388,9	11797	17390	20
Жорсткість, мг-екв/дм^3	59,9	2,0	6,9	45,4	69,0	20

Одним з важливих факторів, що обумовлюють екологічну ситуацію у водоймищі, є гідрологічний режим – інтенсивність водообміну (обсяги надходження вод р. Дунай, стік річок Когильник і Сарата, об'єми води на зрошення та скид у море). В цілому водойма є слабко проточною (річний коефіцієнт водообміну коливається у межах 1,5-2,5).

У період 1980 – перша половина 1990-х років значні об'єми води з Сасику забирали на зрошення, у море скидали біля 600 млн. м^3 у рік, суттєво збільшилася сумарна річна витрата річок Когильник і Сарата (у середньому до 4,0 м^3/с) у зв'язку зі стоком дренажних вод ДДЗС у ці річки. Коефіцієнт

водообміну водосховища становив близько 2,24 рази на рік, тобто забезпечувалась відносно висока (для цієї водойми) проточність.

З другої половини 90-х років і по сьогоднішній день Сасик характеризується уповільненим зовнішнім водообміном, зниженням об'ємів забору води на зрошення, відносним зменшенням відмітки рівня поверхні водосховища. До 2000 року коливання рівня водної поверхні Сасику повторювало коливання рівня води в Дунаї, з меншою амплітудою. Починаючи з другої половини 2000 року рівень води в озері фактично підтримується на нульовій відмітці відносно Балтійської системи. Відносно стабільний рівень води суттєво зменшує підтоплення прилеглих територій і наближає обсяги надходження ґрунтових і підземних вод до величин, характерних для лиману, сприяє стабілізації сольового режиму оз. Сасик у межах 1,5-2,0 г/л [4].

В озеро Сасик впадають річки з високою мінералізацією води, ґрунтові води, що поповнюють річки в літній період мають також високий рівень мінералізації, а в жаркі літні місяці спостерігається ще й значне випарювання води з водної поверхні озера, що також впливає на підвищення рівня мінералізації води озера. Так, наприклад мінералізація води в р. Когильник в останні 30 років змінювалась від 1063 до 6336 мг/дм^3, а концентрація токсичних іонів натрію, магнію, хлору та сульфатів відповідно досягала 1272, 370, 1400 та 2765 мг/дм^3 (табл. 1.10). Тотожну за хімічним складом, але дещо вищу за мінералізацією воду приносить в озеро річка Сарата (до 9758 мг/дм^3). Середній багаторічний стік води з басейну Когильника становить 44,5 млн.м^3, Сарати – 11,4 млн.м^3, що в сумі становить близько 11,2 % від нинішнього наповнення [5].

За даними Міжвідомчої комісії з встановлення режимів роботи Придунайських водосховищ у Сасику в 2010-2012 рр. підтримувався рівень до 0,2 мБС, що становить 496,5 млн.м^3 наповнення [4].

Самопливне поповнення оз. Сасик дунайською водою через канал Дунай-Сасик з одночасним скидом в море через шлюз-водоскид (в південно-східній частині озера) в 1986-1990 рр. становило 761 млн.м^3, в 2002 – 290, в 2003 – 147, 2009 р – 407, в 2010 – 375,5, в 2011 р. – 521,3 млн.м^3 [4].

Таблиця 1.10 – Хімічний склад води річок Когильник та Сарата

Інгредієнти	Вміст, мг/дм^3					Коефіцієнт варіації, %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	
р. Когильник						
Ca^{2+}	70,1	282,0	188,9	11,3	63,7	22,9
Mg^{2+}	59,8	370,0	198,8	17,2	97,6	35,2
Na^{+}	164,5	1272,0	597,0	54,5	308,5	111,2
K^{+}	4,6	27,5	14,0	1,11	5,91	2,29
CO_3^{2-}	0	42,0	8,54	2,0	10,4	4,12
HCO_3^{-}	147,3	570,0	383,8	18,36	103,8	37,44
SO_4^{2-}	247,7	2765,0	1281,59	133,72	756,44	272,73
Cl^{-}	134	1400,0	670,84	50,4	285,1	102,78
Мінералізація	1062,8	6336,0	3328,21	256,5	1451	523,1
pH, од.	7,2	8,8	8,17	0,09	0,47	0,18
р. Сарата						
Ca^{2}+	61,5	424	198,8	19,2	113,3	38,9
Mg^{2}+	17,1	435	172,7	16,4	97,1	33,3
Na^{+}	104,2	2208	814,9	92,3	546,1	187,6
K^{+}	3	26	12,8	1,1	6,1	2,25
CO_3^{2-}	0	20,8	4,54	1	6,1	2,11
HCO_3^{-}	152,5	723	363,3	26,4	156,1	53,6
SO_4^{2-}	129,6	3560	1133,7	143,4	848,2	291,4
Cl^{-}	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

Гідрохімічний режим водотоков басейну Сасику в значній мірі пов'язаний з їх гідрологічним режимом.

Розглянемо зміну хімічного складу води озера Сасик за період спостережень 1986-2012 рр.. За цей час було проаналізовано й оцінено 158 проб води в пункті спостережень с. Борисівка.

Розподіл варіант у більшості варіаційних рядів хімічного складу природної води має близький до нормального логнормальний розподіл варіант і лише вміст кальцію – зрізаний від'ємний ексцесивний розподіл, коли в центрі не вершина, а впадина і варіаційна крива стає двохвершинною. Такий розподіл підтверджує той факт, що у вибірку потрапили представники декількох сукупностей з різними середніми для гідрокарбонатно-кальцієвого та хлоридно-натрієвогого складу.

Емпіричні криві розподілу вибіркової сукупності (за виключенням *pH*, калію й магнію) мають переважно позитивну помірну асиметрію.

З нормальним законом розподілу не зовсім узгоджуються вибірки значень *pH*, K^+ і CO_3^{2-}, де ексцес більший 3*d*. Ці вибірки близькі до логарифмічно нормального закону розподілу, коли на формування випадкових величин *pH* і CO_3^{2-} впливають множинні незалежні фактори (температура повітря, розвиток синьо-зелених водоростей у літній період і ін.). Вибірка значень CO_3^{2-} має нульову моду, тому що значення які перевищують 0 у природній воді фіксується при *pH* вищому 8,2 [6].

Основні статистичні характеристики кількісної мінливості варіаційних рядів свідчать про значну мінливість майже всіх компонентів хімічного складу й загальної мінералізації природної води оз. Сасик (табл. 1.11).

Варіанти вибірки загальної мінералізації води розподілилися в такий спосіб: 350-660 мг/дм^3 – 1 значення; 660-970 – 3, 970-1280 – 8; 1280-1590 – 32; 1590-1900 – 48; 1900-2210 – 32; 2210-2520 – 18, 2520-2830 мг/л – 7; 2830-3140 – 3, 3140-3460 мг/дм^3 – 3 значення.

За 1987-2012 рр. мінералізація води оз. Сасик змінювалась від 367 (01.07.92) до 3450 (12.10.87) мг/дм^3.

Таблиця 1.11 – Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості природної води оз. Сасик – с. Борисівка за 1986-2012 рр.

Показники	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Рівень надійності
CO_3^{2+}, мг/дм^3	3,2	0,50	5,5	0,0	30	0,967
HCO_3^-, мг/дм	211	3,2	39,7	158	315,0	6,24
Cl^-, мг/дм^3	522	11,9	150	73,1	1002	23,5
SO_4^{2-}, мл/дм^3	515	14,5	183	62,4	1096	28,6
Ca^{2+}, мг/дм^3	72,7	1,3	15,9	32,3	123	2,50
Mg^{2+}, мг/дм^3	89,3	1,7	21,3	10,1	145	3,34
Na^+, мг/дм^3	423	10,8	136	68,0	868	21,4
K^+, мг/дм^3	9,8	0,4	2,8	0,9	16,0	0,729
Заг. мін., мг/дм^3	1839	38,4	482	366,9	3450	75,8
pH	8,2	0,03	0,32	6,9	8,98	0,052
Жорсткість, мг-екв/дм^3	11,0	0,18	2,3	2,45	18,1	

За найменшою сумою іонів 367 (01.07.92), вода оз. Сасик належала до 1 класу, 1-ї категорії якості (дуже чистої серед прісних гіпогалинних), а за найвищим вмістом 3450 (12.10.87) мг/дм^3 – до 3 класу, 5-ї категорії якості (помірно забруднені серед β-мезогалинних). При цьому, 3,22 % проб мали мінералізацію до 1000 мг/дм^3, 17,41 % – 1000-1500, 49,01 % – 1500-2000, 21,29 % – 2000-2500, 6,45 % – 2500-3000, 2,58 % проб – більше 3000 мг/дм^3.

Середньоарифметичні значення загальної мінералізації води за різні коротші проміжки часу становили: 1983-1985 рр. – 1552 мг/дм^3; 1986-1990 – 1994; 1991-1995 – 1799; 1996-2000 – 1714; 2001-2005 – 1635; 2006-2012 р.р – 1815 мг/дм^3. Отже, найвищу мінералізацію води спостерігаємо в період 1986-1990 рр., а далі спостерігається поступове зниження мінералізації до 2005 р. і суттєве збільшення в 2006-2009 рр..

Вміст сульфатів у воді оз. Сасик коливався від 62,4 (01.07.92) до 1096 (12.10.87) мг/дм^3. В одній пробі води з 155 вміст сульфатів був нижчим *ГДК* для водойм рибогосподарського призначення (100 мг/дм^3), а в 45,8% проб – перевищував *ГДК* для водойм побутово-господарського призначення [7]. Вміст хлоридів змінювався від 73,1 (01.07.92) до 1002 (12.10.87) мг/дм^3. Лише 6,45% проб води мали значення хлору нижчі за *ГДК* для водойм рибогосподарського призначення (300 мг/дм^3) і 9,03% проб – нижчі за *ГДК* для водойм господарсько-побутового призначення (350 мг/дм^3).

Коливання гідрокарбонатів було найменшим від 116,4 (13.01.99) до 315 (13.04.87) мг/дм^3. Середньоарифметичні значення концентрації аніонів за різні періоди досліджень подано у таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 – Зміна сольового складу води оз. Сасик – с. Борисівка

Інгредієнти	Середньоарифметичний вміст, мг/дм^3							
	1966-1970	1983-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2012	1983-2012
CO_3	22,5	1,57	4,96	1,33	1,84	1,61	1,67	3,25
HCO_3	194,6	141,6	198,3	236	233	204,4	216,90	211,60
SO_4	1364,4	460,8	597,6	465,7	432,0	443,7	481,40	512,00
Cl	7790,3	427,9	549,9	490,6	491,5	468,8	493,3	510,00
Ca	224,1	59,7	77,7	74,1	70,1	64,9	67,8	72,2
Mg	592,2	68,4	93,6	87,5	80,1	94,1	88,4	89,5
Na + K	4313	367,2	462,6	401,1	406,3	358,3	399,6	413,7
K	181,4	10,5	10,2	9,6	9,5	9,6	7,8	9,7
Мінералізація	14683	1552	1980	1748	1713	1635	1752	1815
Жорсткість	59,9	8,6	11,9	10,9	10	11,1	10,66	10,95

Концентрація кальцію мала менші коливання ніж вищеназвані катіони, й змінювалася від 32,3 (01.07.92) до 123 (12.10.87) мг/дм^3, що не перевищувало *ГДК* для водойм рибогосподарського призначення.

За середньоарифметичними значеннями вода оз. Сасик в 1987-2012 рр. належала до солонуватої β-мезогалинної. За іонним складом – до хлоридного класу, натрієвої групи, другого (II) типу, що відповідає співвідношенню: $HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^- + SO_4^{2-}$ [1].

За середньоарифметичними показниками мінералізації вода оз. Сасик у 1986-2012 рр. відносилася до 2 класу, 2-ої категорії якості серед солонуватих β-мезогалинних (добрі, чисті).

За вмістом хлоридів і забрудненням компонентами сольового складу вода озера Сасик у 1986-2012 рр. відносилася до 2 класу, 3 категорії якості (досить чисті), а за вмістом сульфатів – до 2 класу, 2 категорії якості (дуже добрі, чисті) у всі періоди досліджень.

Жорсткість води оз. Сасик змінювалась від 2,45 (01.07.92) до 22,69 (12.10.87) мг-екв/дм^3, а середньоарифметичні значення за менш короткі проміжки часу – від 9,99 до 11,93 мг-екв/дм^3, тобто вода непридатна для господарсько-питних нужд. Серед катіонів у воді озера Сасик переважав натрій, його концентрація разом з калієм коливалась від 68 (01.07.92) до 868 (12.10.87) мг/дм^3. При цьому лише 3,23% проб води за вмістом натрію були нижчими за *ГДК* для водойм господарсько-питного (200 мг/дм^3) і 0,6% проб – за *ГДК* для водойм рибогосподарського призначення (120 мг/дм^3).

Вміст магнію змінювався від 10,1 (01.07.92) до 145 (12.10.87) мг/дм^3. Лише 1,94% проб мали значення нижчі за *ГДК* для водойм рибогосподарського призначення (40 мг/дм^3) і 2,58% – *ГДК* для водойм господарсько-питного призначення (50 мг/дм^3). Як видно з таблиці 1.12, навіть середньоарифметичні значення вмісту магнію й натрію у воді оз. Сасик майже у всі виділені періоди досліджень перевищують *ГДК* для водойм рибогосподарського призначення в 2 і 3,3 рази відповідно.

1.5 Гідробіологічна характеристика

Опріснення лиману Сасик спричинило повну перебудову його екосистеми з морської солонуватоводної на прісноводу.

Фітопланктон в лимані Сасик був представлений 231 таксоном. Його біомаса залежно від пори року і конкретних гідролого-гідрохімічних умов варіювала від 0,35 до 3,21 г/м^3. За наявності зв'язку з морем в лимані ніколи не наголошувалося масового “цвітіння” води і заморних явищ [8].

В період відкачування лиманової води відбулася різка деградація фітопланктону: кількість видів зменшилася втричі, а біомаса – на три порядки. Проте, вже через рік після надходження дунайської води біомаса фітопланктону (в основному за рахунок прісноводих видів) підвищилася до 5,6 г/м^3. У подальші роки літня біомаса коливалася від 9,2 до 17,4 г/м^3 (в середньому – 12 г/м^3). У фітопланктоні водосховища зареєстровано 233 види водоростей [9]. Склад фітопланктону характеризується переважанням синьозелених водоростей при сповільненому водообміні, і зростанням частки діатомових і протококових водоростей при збільшенні проточності.

У Сасикському водосховищі наголошується стабільно високий рівень літнього (частково і осіннього) “цвітіння” води, викликаного синьозеленими водоростями (до 420 г/м^3), що свідчить про значну евтрофованність водоймища.

Макрофіти. У лимані Сасик було відмічене 28 видів макрофітов. Для опрісненої північної прибережної частини була характерна тростниково-рдестовая асоціація; для південної прибережної частини – ентероморфо-взморниково-ульвовая, ульвовая і рдесто-взморниковая; для середньої частини – ульво-ентероморфовая і каллітамнієво-церрамієвая асоціації [10]. У лимані площі, зайняті макрофітамі складали 6 тис. га або біля третини всієї акваторії.

У водосховищі Сасик створилися несприятливі умови для розвитку рослинності: з одного боку засолені донні відкладення, а з іншої – прісна вода. В результаті площа заростання водоймища в даний час дуже невелика, що негативно позначається на умовах нересту фітофільних видів риб. Повітряно-водна рослинність представлена в основному очеретом і рогозом узколістним і займає не більше 1,5% площі водоймища. М'яка підводна рослинність (рдест гребінчастий і роголістник) зосереджена в північній і південній мілководих частинах водосховища і займає лише близько 5% його акваторії [11].

Зоопланктон. Планктофауна лиману Сасик була представлена 87 видами, з яких 72% складали морські, 28% – еврігалінні, пресноводно-солонуватоводні. Середня біомаса зоопланктону у вегетаційний період складала 2,57 г/м^3, максимальна – до 9 г/м^3 [9]. До 90% загальної біомаси доводилося на морських ракоподібних, в окремі періоди численними були личинки молюсків.

Після опріснення Сасику з складу зоопланктону зникли морські види. Домінуюче положення зайняли прісноводо-солонуватоводні форми з переважанням в теплий час року 1-2 видів ветвістовусих ракоподібних. У 80-і роки у складі зоопланктону водосховища було відмічено 51 таксон [12].

Середньорічна біомаса зоопланктону у водосховищі Сасик складає 3,6 г/м^3 (максимальна влітку – 39 г/м^3), а його продукція – 170 г/м^3 в рік [9]. Продукція зоопланктону в Сасику в 2 рази вище, ніж в Київському і Каховському водосховищах і знаходиться на рівні найбільш продуктивного водосховища на Дніпрі – Кременчуцького. Показники продукції зоопланктону в Сасикському водосховище значно вище, ніж були в лимані, що обумовлює його високу потенційну рибопродуктивність.

Макрозообентос лиману Сасик був представлений типовими морськими і солонуводними організмами. Всього в лимані було описано 80 видів донних безхребетних. За чисельністю і біомасою домінували молюски (мідія, мітілястер, кардіум, абра), а також черв'яки (поліхети) і ракоподібні (ізоподи). Середня біомаса макрозообентосу в різні періоди оцінювалася від 460 до 3650 г/м^2 [13,14]. Проте велика частина біомаси доводилася на “некормові” організми – крупні молюски, які не могли бути використані рибами в їжу. У зв'язку з цим всі дослідники, що вивчали кормову базу лиману Сасик, характеризували її як багату, але недостатньо використовувану рибами.

В результаті опріснення лиману відбулася масова загибель донних морських організмів, запаси яких складали більше 16 тис. т [9]. Формування нових бентосних співтовариств відбувалося досить швидко. Вже в перший рік його існування біомаса макрозообентосу складала 12-14 г/м^2 [15]. У його складі переважали хирономіди, були відмічені поліхети і ракоподібні.

Макрозообентос водосховища представлений в основному прісноводими організмами, серед яких переважають черв'яки, личинки комах, молюски і ракоподібні. Всього у складі макробентофауни відмічено 126 таксонов [9]. Середня біомаса макрозообентосу в 1980-х рр. склала: навесні – 217 г/м^2, влітку – 274 г/м^2, восени – 241 г/м^2 [11]. При цьому практично всі донні організми можуть бути використані в їжу рибами.

Кормова база риб, що сформувалася у водосховищі, виявилася продуктивнішою, в порівнянні з такою попереднього лиману, що мало важливе значення при формуванні іхтіоценозу. Теоретичні розрахунки потенційної рибопродуктивності водосховища Сасик, засновані на оцінках кормової бази риб, виражаються вельми значними величинами: від 336 кг/га [9] до 475 кг/га [11]. Проте, реально досягнута рибопродуктивність (за даними офіційної статистики) опинилася на порядок нижче. Очевидно, при цьому позначилася дія ряду лімітуючих чинників, обмежуючу чисельність і біомасу промислових риб, зокрема, недостатності нерестовищ для природного відтворення, недостатні об'єми поповнення за рахунок заходу риб з Дунаю і штучного зарибнення, вихід риб в річку Дунай в період відсутності рибозаградітеля на сполучному каналі, висока чисельність дрібних “смітних” видів риб і ін.

2 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТОВ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Теоретичні передумови

Первинна статистична обробка [16] націлена на впорядковування інформації про об'єкт і предмет вивчення. На цій стадії «сирі» відомості групуються по тих або інших критеріях, заносяться в звідні таблиці. Первинно оброблені дані, представлені в зручній формі, дають дослідникові в першому наближенні поняття про характер всієї сукупності даних в цілому: про їх однорідність-неоднорідність, компактність – розкиданості, чіткості – розмитості і так далі Ця інформація добре прочитується з наочних форм представлення даних і дає відомості про їх розподіл.

В ході застосування первинних методів статистичної обробки виходять показники, безпосередньо пов'язані з вимірюваннями, що проводяться в дослідженні.

До основних методів первинної статистичної обробки відносяться: обчислення мерів центральної тенденції і мерів розкиду (мінливості) даних.

Первинний статистичний аналіз всієї сукупності отриманих в дослідженні даних дає можливість охарактеризувати її в гранично стислому вигляді і відповісти на два головні питання: 1) яке значення найбільш характерне для вибірки; 2) чи великий розкид даних щодо цього характерного значення, тобто яка «розмитість» даних. Для вирішення першого питання обчислюються заходи центральної тенденції, для вирішення другого – заходи мінливості (або розкиду). Ці статистичні показники використовуються відносно кількісних даних, представлених в порядковій, інтервальній або пропорційній шкалі.

Заходи центральної тенденції – це величини, навколо яких групується решта даних. Дані величини є як би узагальнювальними всю вибірку показниками, що, по-перше, дозволяє судити по ним про всю вибірку, а по-друге, дає можливість порівнювати різні вибірки, різні серії між собою. До

заходів центральної тенденції в обробці результатів психологічних досліджень відносяться: вибіркове середнє, медіана, мода.

Вибіркове середнє (*M*) – це результат ділення суми всіх значень (*X*) на їх кількість (*N*):

$$M = \Sigma X/N. \qquad (2.1)$$

Медіана (*Me*) – це значення, вище і нижче за яке кількість значень, що відрізняються, однакова, тобто це центральне значення в послідовному ряду даних. Медіана не обов'язково повинна співпадати з конкретним значенням. Збіг відбувається у разі непарного числа значень (відповідей), неспівпадання – при парному їх числі. У останньому випадку медіана обчислюється як середнє арифметичне двох центральних значень у впорядкованому ряду.

Мода (Mo) – це значення, що найчастіше зустрічається у вибірці, тобто значення з найбільшою частотою. Якщо всі значення в групі зустрічаються однаково часто, то вважається, що моди немає. Якщо два сусідні значення мають однакову частоту і більше частоти будь-якого іншого значення, мода є середнє цих двох значень. Якщо те ж саме відноситься до двох несуміжних значень, то існує дві моди, а група оцінок є бімодальною.

Зазвичай вибіркове середнє застосовується при прагненні до найбільшої точності у визначенні центральної тенденції. Медіана обчислюється у тому випадку, коли в серії є «нетипові» дані, що різко впливають на середнє. Мода використовується в ситуаціях, коли не потрібна висока точність, але важлива швидкість визначення міри центральної тенденції.

Обчислення всіх трьох показників проводиться також для оцінки розподілу даних. При нормальному розподілі значення вибіркового середнього, медіани і моди однакові або дуже близькі.

Заходи розкиду (мінливості) – це статистичні показники, що характеризують відмінності між окремими значеннями вибірки. Вони дозволяють судити про ступінь однорідності отриманої множини, його

компактність, а побічно і про надійність отриманих даних і витікаючих з них результатів. Найбільш використовувані в психологічних дослідженнях показники: середнє відхилення, дисперсія, стандартне відхилення.

Розмах (P) – це інтервал між максимальним і мінімальним значеннями ознаки. Визначається легко і швидко, але чутливий до випадковостей, особливо при малому числі даних.

Середнє відхилення (*МД*) – це середньоарифметичне модуля різниці $|X–M|$ між кожним значенням у вибірці і її середнім:

$$МД = \Sigma|X–M|/N. \qquad (2.2)$$

Безліч всіх конкретних відхилень від середнього характеризує мінливість даних, але якщо не узяти їх по абсолютній величині, то їх сума буде рівна нулю і ми не отримаємо інформації про їх мінливість. Середнє відхилення показує ступінь скупченості даних навколо вибіркового середнього. До речі, іноді при визначенні цієї характеристики вибірки замість середнього *(M)* беруть інші заходи центральної тенденції – моду або медіану.

Дисперсія (D) характеризує відхилення від середньої величини в даній вибірці. Обчислення дисперсії дозводяє уникнути нульової суми конкретних різниць через їх зведення в квадрат:

$$D = \Sigma(X–M)^2/(N–1). \qquad (2.3)$$

Стандартне відхилення (σ). Із-за зведення в квадрат окремих відхилень при обчисленні дисперсії отримана величина виявляється далекою від первинних відхилень і тому не дає про них наочного уявлення. Щоб цього уникнути і отримати характеристику, зіставну з середнім відхиленням, проробляють зворотну математичну операцію – з дисперсії витягують квадратний корінь. Його позитивне значення і береться за міру мінливості, що іменується середньоквадратичним, або стандартним, відхиленням:

$$\sigma = [\Sigma(X–M)^2/(N–1)]^{0,5}. \quad (2.4)$$

МД, D і σ застосовні для інтервальних і пропорційних даних. Для порядкових даних як міру мінливості зазвичай беруть *полуквартільнє відхилення (Q),* іменоване ще полуквартільним коефіцієнтом. Обчислюється цей показник таким чином. Вся область розподілу даних ділиться на чотири рівні частини. Якщо відлічувати спостереження, починаючи від мінімальної величини на вимірювальній шкалі, то перша чверть шкали називається першим квартілем, а крапка, що відокремлює його від решти частини шкали, позначається символом Q_1. Другі 25% розподіли – другий квартіль, а відповідна крапка на шкалі – Q_2. Між третьою і четвертою чвертями розподілу розташована крапка Q_3. Полуквартільний коефіцієнт Q визначається як половина інтервалу між першим і третім квартілямі:

$$Q = (Q_3–Q_1)/2. \quad (2.5)$$

При симетричному розподілі крапка Q_2 співпаде з медіаною (а отже, і з середнім), і тоді можна обчислити коефіцієнт Q для характеристики розкиду даних щодо середини розподілу. При несиметричному розподілі цього недостатньо. Тоді додатково обчислюють коефіцієнти для лівої і правої ділянок:

$$Q_{ЛЕВ} = (Q_2–Q_1)/2, \quad (2.6)$$

$$Q_{ПРАВ} = (Q_3–Q_2)/2. \quad (2.7)$$

Оцінка наявності грубих погрішностей [17] вирішується методами математичної статистики – статистичною перевіркою гіпотез. Суть методу зводиться до наступного. Висувається нульова гіпотеза щодо результату вимірювання, який викликає деякий сумнів і розглядається як грубий промах у

зв'язку з великим відхиленням від інших результатів вимірювання. При цьому нульова гіпотеза полягає в твердженні, що «сумнівний» результат насправді належить до можливої сукупності отриманих в даних умовах результатів вимірювань, і отримання такого результату вірогідне. Користуючись певними статистичними критеріями, намагаються спростувати нульову гіпотезу, тобто намагаються довести її практичну неймовірність. Якщо це вдається, то промах виключають, якщо немає - те результат вимірювання залишають.

Вибір того або іншого критерію заснований на принципі практичної упевненості. Для цього задаються достатньо малою вірогідністю P того, що сумнівний результат дійсно міг би мати місце. Вірогідність P називається рівнем значущості і зазвичай вибирається з ряду: 0,1; 0,05; 0,01 і так далі Для даного P визначають критичну область значень критерію перевірки нульової гіпотези. Якщо значення критерію потрапляє в цю область, то гіпотеза відкидається.

Известен ряд критериев, которые позволяют исключить грубые промахи. К ним, в частности, можно отнести критерии «трех сигм», Романовского, Шовене, Шарлье, Диксона. Эти критерии основаны на статических оценках параметров распределения, так как в большинстве случаев действительные значения параметров распределения неизвестны.

Критерій "трьох сигм" застосовується для погрішностей вимірювань, розподілених по нормальному закону. По цьому критерію вважається, що результат, що виникає з вірогідністю $p < 0{,}003$, маловірогідний і його можна вважати промахом, якщо $|M–X| > 3\sigma$, де σ – оцінка СЬКО вимірювань. Величини M і σ обчислюють без урахування екстремальних значень X. Даний критерій надійний при числі вимірювань $N > 20$.

Це правило зазвичай вважається дуже жорстким, тому рекомендується призначати межу цензурірования залежно від об'єму вибірки: при $6 < N < 100$ вона рівна 4σ; при $100 < N < 1000$ – $4{,}5\sigma$; при $1000 < N < 10000$ – 5σ. Дане правило також застосовно тільки для нормального закону.

Критерій Романовського (при $N < 20$). Обчислюють відношення:

$$\beta = |(M - X)/\sigma| \qquad (2.8)$$

і набутого значення порівнюють з теоретичним – при вибираному рівні значущості p по таблиці. Зазвичай вибирають p = 0,01…0,05 і, якщо $\beta_p \geq \beta$, то результат відкидають.

Таблиця 2.1 – Значення критеріїв Романовського

p	$N = 4$	$N = 6$	$N = 8$	$N = 10$	$N = 12$	$N = 15$	$N = 20$
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Критерій Шовіне застосовується, якщо число вимірювань невелике ($N < 10$). В цьому випадку промахом вважається результат X, якщо різниця $|M - X|$ перевищує значення $k\sigma$, приведене нижче, залежно від числа вимірювань.

$$|M - X| > k\sigma, \qquad (2.9)$$

де k = 1,6 при N = 3; k = 1,7 при N = 6; k = 1,9 при N = 8; k = 2,0 при N = 10.

Критерій Шарлье використовується, якщо число спостережень у ряді велике ($N > 20$). Тоді по теоремі Бернуллі число результатів, що перевищують по абсолютному значенню середнє арифметичне значення на величину $\sigma Кш$, буде $N[1 - \Phi(Кш)]$, де $\Phi(Кш)$ – значення нормованої функції Лапласа для $X = Кш$.

Якщо сумнівним у ряді результатів спостережень є один результат, то $N[1 - \Phi(Кш)] = 1$. Звідси $\Phi(Кш) = (N - 1)/N$.

Користуючись критерієм Шарлье, відкидають результат, для значення якого в ряду з N спостережень виконується нерівність $|X–M| > \sigma Кш$.

Таблиця 2.2 – Значення критерію Шарлье

N	5	10	20	30	40	50	100
Кш	1,30	1,65	1,96	2,13	2,24	2,32	2,58

Критерій Діксону Zp зручний і достатньо могутній (з малою вірогідністю помилок). При його застосуванні отримані результати спостережень (x_1, x_2, …, x_N) записують у варіаційний зростаючий ряд ($x_1 < x_2 < . . . x_N$). Критерій Діксону визначається як

$$К_Д = (x_N – x_{N–1})/(x_N – x_1). \quad (2.10)$$

Критична область для цього критерію $P(К_Д > Zp) = p$.

Таблиця 2.3 – Значення критерію Діксону

N	*Zp* при різних значеннях *p*			
	0,10	0,05	0,02	0,01
4	0,68	0,76	0,85	0,89
6	0,48	0,56	0,64	0,70
8	0,40	0,47	0,54	0,59
10	0,35	0,41	0,48	0,53
14	0,29	0,35	0,41	0,45
16	0,28	0,33	0,39	0,43
18	0,26	0,31	0,37	0,41
20	0,26	0,30	0,36	0,39
30	0,22	0,26	0,31	0,34

Аналіз перерахованих методик показав, що довжина оброблюваних рядів спостережень (табл. 2.4) відповідає вимогам критерія *"трьох сигм"*, тому саме він був використаний при подальшої статистичної обробці даних.

2.2 Обробка результатів спостережень за якістю вод Сасику

В таблиці 2.4 представлені результати гідрохімічних спостережень за якістю вод водосховища Сасик біля ГНС-2 в 2007-2017 рр. за теплий період.

Таблиця 2.4 – Результати гідрохімічних спостережень за якістю вод водосховища Сасик біля ГНС-2 в 2007-2017 рр. (теплий період)

№	Дата	Завислі речовини	HCO_3^-	K^+	Ca^{2+}	CO_3^{2-}	Mg^{2+}	Na^+	SO_4^{2-}
1	24.04.2007	44,0	232	14,7	115	12,0	103	425	553
2	05.07.2007	68,0	183	2,5	22,0		30,4	22,5	39,8
3	14.04.2008	52,0	195	6,0	90,0	12,0	60,8	350	366
4	21.08.2008	22,6	153	6,0	70,0	18,0	85,1	375	466
5	28.05.2009	106	189	10,0	60,0	12,0	48,6	280	200
6	26.08.2009	2,4	140	7,0	100	12,0	24,3	200	96
7	31.05.2010	28,0	207	12,0	90,0		48,6	335	416
8	16.08.2010	39,0	159	14,0	50,0		51,6	250	217
9	13.05.2011	125	232	14,0	70,0		79,0	350	404
10	20.06.2011	86,0	220	15,0	60,0		79,0	375	394
11	12.09.2011	84,0	139	6,0	100	7,0	23,3	155	110
12	16.05.2012	126	171	15,0	60,0	18,0	78,9	360	396
13	13.08.2012	224	171	14,0	40,0		85,1	340	407
14	24.05.2013	58,0	207	5,0	50,0		30,4	40,0	88,3
15	17.07.2013	184	116	16,0	60,0	24,0	91,1	340	388
16	26.05.2014	135	256	3,0	210		60,8	400	573
17	02.09.2014	31,0	207	16,0	90,0		94,2	440	503
18	14.05.2015	102	244	13,0	90,0		103	490	710
19	07.08.2015	67,0	171	16,0	120	6,0	66,8	425	407
20	23.10.2015	77,0	195	15,0	65,0	12,0	103	985	1463
21	16.05.2016	16,0	159	15,0	75,0	24,0	103	400	348
22	10.08.2016	14,0	122	21,0	80,0	24,0	109	560	554
23	17.05.2017	52,0	250	15,0	100	6,0	97,2	450	493

Продовження табл. 2.4

№	Дата	Сухий залишок	Cl^-	Мінера-лизація	*pH*	NH_4^+	$БСК_5$	Луж-ність	NO_3^-
1	24.04.2007	1927	603	2043	8,3	0,26	4,2	3,2	5,2
2	05.07.2007	233	26,6	324	8,1		1,9	3,0	4,4
3	14.04.2008	1455	479	1552	8,4	0,41	1,1	3,6	
4	21.08.2008	1586	496	1662	8,3	0,03	7,0	3,1	0,04
5	28.05.2009	1103	408	1198	8,3	1,30	33,0	3,5	1,3
6	26.08.2009	893	390	963	8,4	0,90	2,5	2,7	
7	31.05.2010	1384	390	1487	7,1	0,88	4,3	3,4	
8	16.08.2010	1020	372	1099	7,3	0,90	20,0	2,6	
9	13.05.2011	1479	461	1595	7,8	0,22	6,4	3,8	
10	20.06.2011	1513	496	1623	7,0	0,90	2,6	3,6	
11	12.09.2011	865	355	944	8,2	0,39	15,0	2,7	
12	16.05.2012	1477	479	1562	8,2	0,50	3,8	3,4	
13	13.08.2012	1401	443	1486	7,4	5,00	9,0	2,8	
14	24.05.2013	366	53,2	469	7,9	0,40	2,8	3,4	3,6
15	17.07.2013	1475	514	1533	8,2	1,10	5,9	2,7	
16	26.05.2014	1966	594	2094	7,2	0,75	29,8	4,2	
17	02.09.2014	1851	620	1955	7,1	0,93	20,0	3,4	
18	14.05.2015	2065	550	2187	7,4		5,1	4,0	
19	07.08.2015	1766	656	1852	8,1	1,00	53,0	3,0	
20	23.10.2015	3453	727	3550	8,2		2,4	3,6	
21	16.05.2016	1703	674	1782	9,2		1,7	3,4	
22	10.08.2016	2203	815	2264	8,4		6,0	1,0	
23	17.05.2017	1909	638	2035		0,40	1,3	4,3	

Продовження табл. 2.4

№	Дата	NO_2^-	Розчінений кисень	Фос-фати	*ХСК*	*Al*	*СПАР*	*Fe*	*НП*
1	24.04.2007								
2	05.07.2007	0,13	7,98	0,146	16,4		0,22		0,002
3	14.04.2008		6,57	0,075	134		0,12	0,44	0,007
4	21.08.2008	0,02	2,64	0,099	165		0,15		0,154
5	28.05.2009	0,26	0,6	0,043	47,5		0,1		0,015
6	26.08.2009		0,52	0,06	46		0,09		0,010
7	31.05.2010		4,5	0,05	57,6		0,23	0,11	0,059
8	16.08.2010	0,04	0,92	0,124	152		0,09		
9	13.05.2011	0,03	6,52	0,114	47,3	0,03	0,11		0,001
10	20.06.2011		2,75	0,177	22		0,16	0,40	0,078
11	12.09.2011		1,02	0,06	56		0,08		0,010
12	16.05.2012		0,61	0,024	66,2		0,14		1,013
13	13.08.2012			0,072	49,0	0,01	0,1		1,400
14	24.05.2013	0,05	7,2	0,028	12,6	0,02	0,11		0,041
15	17.07.2013		6	0,051	123		0,14	0,17	0,013
16	26.05.2014		2,1	0,29	60,2		0,07	0,38	0,030
17	02.09.2014	0,023	0,6	0,193	64		0,23		0,056
18	14.05.2015		6,43	0,054	56,7		0,48	0,10	0,010
19	07.08.2015		2,35	0,05		0,02	0,19	0,10	0,030
20	23.10.2015	0,145	7,55	0,066	125		0,33		0,030
21	16.05.2016		7,56	0,053	37,6		0,3	0,20	0,036
22	10.08.2016		3,9		103		0,12		0,010
23	17.05.2017		2,14	0,131	55,0	0,10	0,6	0,10	0,043

В таблиці 2.5 наведена перевірка наявності грубих помилок в ряду значень загальної мінералізації вод Сасику за критерієм *"трьох сигм"*. Символом M_{Oi} позначено ряд емпіричних значень загальної мінералізації, $M_{Oi}\downarrow$ – ряд значень ранжованих у спадному порядку, lnM_{Oi} – логарифми значень ранжованого ряду, F_i – забезпеченість відповідних значень ряду. Напівжирним шрифтом позначені екстремальні значення ряду. При оцінці параметрів закону розподілу (в табл. 2.5 підкреслені) значення ряду, що перевіряють, не враховуються.

За критерієм *"трьох сигм"* довірчій інтервал складає 99,7%, тобто верхньою межею є 0,15%, нижньою – 99,85%. Усі значення ряду, забезпеченість яких виходять за ці межі, слід признати помилковими.

За табл. 2.5 видно, що значення ряду 3550 має забезпеченість 0,0959% < 0,15%, забезпеченість значень 469 і 324 з точністю п’ять значущих цифр складає 100,00% > 99,85%. Таким чином, ці значення ряду признані помилковими і виключені з подальшої статистичної обробці.

На рисунку 2.1 показано апроксимація закону розподілу емпіричних значень загальної мінералізації, що прийняти для подальшої статистичної обробці. Маркером коло без заливці позначені відхилені результати спостережень.

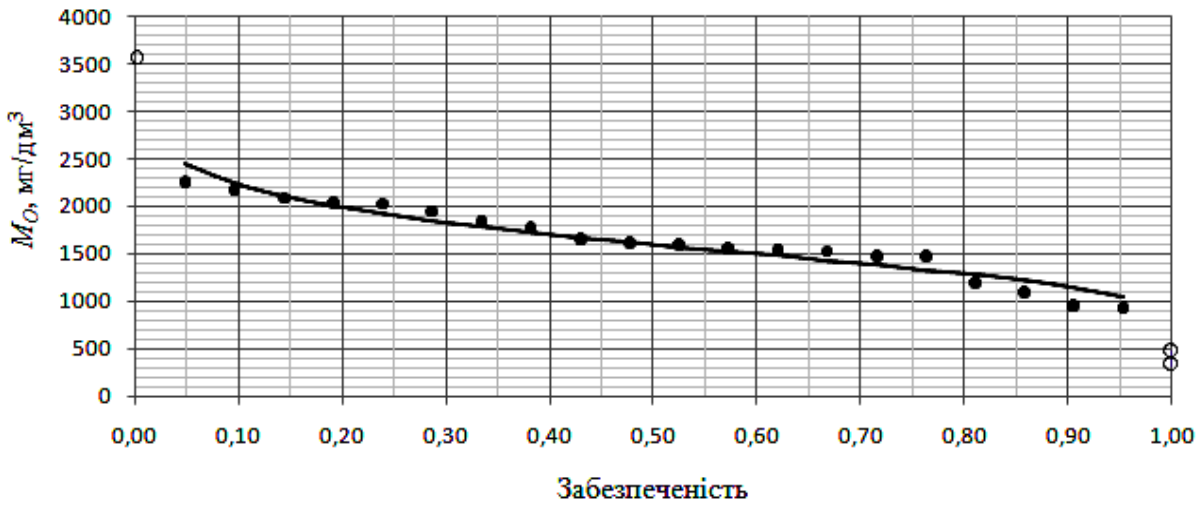

Рисунок 2.1 – Емпіричний розподіл мінералізації вод Сасику за виключенням грубих помилок (виключені значення позначені маркером коло без заливці)

Таблиця 2.5 – Перевірка наявності грубих помилок (напівжирним шрифтом позначені значення, що вийшли за межі інтервалу $\pm 3\sigma$)

№ п/п	M_{Oi}, мг/дм^3	$M_{Oi}\downarrow$, мг/дм^3	lnM_{Oi}	F_i, %	Межа (%) нижня / верхня	Прийнятий ряд, мг/дм^3
1	2043	**3550**	–	0,0959		2043
2	**324**	2264	5,782	8,7711		–
3	1552	2187	7,348	11,1228		1552
4	1662	2094	7,416	14,6718		1662
5	1198	2043	7,088	16,9986		1198
6	963	2035	6,870	17,3873		963
7	1487	1955	7,305	21,6554		1487
8	1099	1852	7,003	28,3418		1099
9	1595	1782	7,375	33,5846		1595
10	1623	1662	7,392	43,8773		1623
11	944	1623	6,850	47,5349		944
12	1562	1595	7,354	50,2596	0,15 / 99,85	1562
13	1486	1562	7,304	53,4761		1486
14	**469**	1552	6,151	54,4567		–
15	1533	1533	7,335	56,4079		1533
16	2094	1487	7,647	60,9753		2094
17	1955	1486	7,578	61,0956		1955
18	2187	1198	7,690	86,8766		2187
19	1852	1099	7,524	92,6847		1852
20	**3550**	963	8,175	97,5504		–
21	1782	944	7,485	97,9607		1782
22	2264	**469**	–	99,9999		2264
23	2035	**324**	–	100,0000		2035
СЕРЗНАЧ			7,376	–	–	–
СТАНДВІДХИЛ			0,2573	–	–	–

У таблиці 2.6 наведені результати статистичної обробці емпіричних даних за теплий період: середні, мінімальні та максимальні значення показників якості вод, а також кількість спостережень. З рядів емпіричних даних по мінералізації і головним іонам виключені помилкові результати.

Таблиця 2.6 – Результати статистичної обробки емпіричних даних

№ п/п	Показаник	Середнє значення	Макси-мальнє значення	Міні-мальнє значення	Кількість спостере-жень
1	Завислі речовини, мг/дм^3	75,8	224	2,4	23
2	HCO_3^-, мг/дм^3	187	256	116	20
3	K^+, мг/дм^3	12,4	21	3	20
4	Ca^{2+}, мг/дм^3	86,5	210	40	20
5	CO_3^{2-}, мг/дм^3	14,6	24	6	12
6	Mg^{2+}, мг/дм^3	74,7	109	23,3	20
7	Na^+, мг/дм^3	365	560	155	20
8	SO_4^{2-}, мг/дм^3	400	710	96	20
9	Сухий залишок, мг/дм^3	1552	2203	865	20
10	Cl^-, мг/дм^3	522	815	355	20
11	Мінералізація, мг/дм^3	1646	2264	944	20
12	*pH*	7,9	9,2	7,0	22
13	NH_4^+, мг/дм^3	0,90	5,00	0,03	18
14	$БСК_5$, мг/дм^3	10,4	53	1,1	23
15	Лужність	3,2	4,3	1,0	23
16	NO_3^-, мг/дм^3	2,9	5,2	0,04	5
17	NO_2^-, мг/дм^3	0,087	0,26	0,02	8
18	Розчинений кисень, мг/дм^3	3,83	7,98	0,52	21
19	Фосфати, мг/дм^3	0,093	0,29	0,024	21
20	*ХСК*, мг/дм^3	71,3	165	12,6	21
21	*Al*, мг/дм^3	0,036	0,10	0,01	5
22	*СПАР*, мг/дм^3	0,19	0,60	0,067	22
23	*Fe*, мг/дм^3	0,22	0,44	0,10	9
24	Нафтопродукти, мг/дм^3	0,145	1,40	0,001	21

3 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД САСИКУ ЯК ОБ'ЕКТА ІРИГАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

3.1 Основні положення оцінки іригаційних вод

Оцінку якості іригаційних вод виконують по чотирьох критеріях:

– концентрація солей;

– співвідношення іонів;

– концентрація токсичних елементів, які можуть негативно вплинути на сільськогосподарські рослини і в цілому на навколишнє середовище;

– концентрація біогенів.

Концентрація солей.

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

Використання вод з високою мінералізацією може привести до засолення ґрунтів. Засоленням ґрунтів називають надмірне скупчення в ґрунті солей Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $NaCl$, $CaCl_2$, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, які пригноблюють або гублять сільськогосподарські рослини, знижують урожай і його якість. Засолення може бути нейтральним (хлориди і сульфати натрію і магнію) і лужним (карбонати і гідрокарбонати натрію і магнію) [18, с.8].

Ступінь засолення ґрунтів характеризується також показником токсичності. Граничне значення його, вище за яке починається пригноблення зростання і розвитку сільськогосподарських культур, є порогом токсичності.

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

Таблиця 3.1 – Токсичність основних солей [18, с.9; 19, с.84; 20, с.386]

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

Солі, розташовані вище риси в таблиці 3.1 (виділено напівжирним шрифтом), шкідливі для рослин. Найбільш токсичні з них сода (Na_2CO_3, $NaHCO_3$), хлористий ($NaCl$) і сірчанокислий (Na_2SO_4) натрій, хлористий кальцій ($CaCl_2$). Меншою токсичність володіють сульфат і хлорід магнію ($MgSO_4$, $MgCl_2$). Суміші солей завжди менш токсичні, чим їх чистіші скупчення.

Ковда В.А. токсичність солей розташовує в наступній послідовності [20, с.386]: $Na_2CO_3 > NaHCO_3 > NaCl > CaCl_2 > Na_2SO_4 > MgCl_2 > MgSO_4$.

Небезпека засолення ґрунтів, виходячи із загальної мінералізації зрошувальної води, по Костякову А.Н. оцінюється таким чином:

– [21, с.48, 49] до 1,0 г/дм^3 – придатна для зрошування; від 1,0 до 1,5 г/дм^3 – обережне зрошування; від 1,5 до 3,0 г/дм^3 – <u>необхідний аналіз хімічного складу солей</u>, більш 3 г/дм^3 – не придатна для зрошування;

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

Необхідність аналізу хімічного складу солей для вод з підвищеною мінералізацією (1,5–3,0 г/дм^3) продиктована тим, що шкідлива дія різних солей на ґрунт і рослини залежить від властивостей ґрунту [21, с.48, 49]: для добре проникних ґрунтів допустимий зміст солей: $Na_2CO_3 < 1$ г/дм^3 (9,63 ммоль/дм^3); $NaCl < 2$ г/дм^3 (34,2 ммоль/дм^3); $Na_2SO_4 < 5$ г/дм^3 (35,2 ммоль/дм^3). При одночасній присутності цих солей позначені межі зменшуються [21, с.49]. Якщо у воді переважають $NaCl$ або Na_2SO_4, то її застосування можливе тільки на легких і дренованих ґрунтах. Якщо у складі солей переважає сода (Na_2CO_3), то така вода може застосовуватися для поливу тільки при внесенні гіпсу

($CaSO_4 \times 2H_2O$). Гіпс перетворює соду на менш токсичну сіль Na_2SO_4. Натрієві води за відсутності кальцію можуть викликати осолонцювання ґрунтів.

Ковда В.А. (1946) вважав необхідною і дуже важливою діагностику лужних (що містять соду) вод низької мінералізації. По Вілкоксу Л. (1958) вода із змістом карбонату натрію (Na_2CO_3) більш 2,5 ммоль (екв)/дм^3 (132 мг/дм^3) не придатна для зрошування. Вода із змістом 1,25-2,5 ммоль (экв)/дм^3 – умовно придатна, менш 1,25 ммоль (екв)/дм^3 (66,2 мг/дм^3) – придатна.

Про можливість подання аналізу води у вигляді гіпотетичних солей йдеться в [23, с.65-67; 24, с.129,130], іони з'єднуються за наступною схемою: аніони – NO_3^-; Cl^-; SO_4^{2-}; CO_3^{2-}; HCO_3^-; катіони – K^+; Na^+; Mg^{2+}; Ca^{2+}; Fe^{2+}; Mn^{2+}. Таким чином, гипотетичне з’єднання головних іонів можна записати: аніони – Cl^-; SO_4^{2-}; (CO_3^{2-}+HCO_3^-); катіони – (K^++Na^+); Mg^{2+}; Ca^{2+}.

Сабольч І. і Дараб До. (1962) встановили, що лужність (визначена по фенолфталеїну), рівна 10 мг/дм^3 соди [19, с.86] (карбонатна лужність – 0,333 мг-екв/дм^3), є верхньою межею для зрошувальної води.

При титруванні по фенолфталеїну визначається карбонатна лужність (CO_3^{2-}) [25, с.224].

У США використовується класифікація поливних вод по солоності, представлена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Шкала солоності (г/дм^3) зрошувальної води [26, с.13], [19, с.87]

Класифікація вод	Концентрация солей M_O
1. Вода низької солоності. Придатна для зрошування більшості культур на більшості ґрунтів.	< 0,20
2. Вода середньої солоності. Використовують в умовах помірного вилуговування. Культури середньої солестійкості можна вирощувати, не застосовуючи мерів для боротьби із засоленням.	$0,20 \le M_O < 0,50$
Вода високої солоності. Навіть при хорошому дренажі можуть потрібно заходи щодо боротьби із засоленням. Слід вибирати культури, що володіють високою солестійкістю	$0,50 \le M_O < 1,00$
Вода дуже високої солоності, не придатна для зрошування в звичайних умовах. Поливи за наступних умов: висока проникність ґрунтів, дренаж, солестійкість культур.	$1,00 \le M_O < 3,00$

У класифікації Бездніной С.Я. (1984) разом з мінералізацією вод враховується процентне співвідношення іонів натрію і суми катіонів (рис. 3.1).

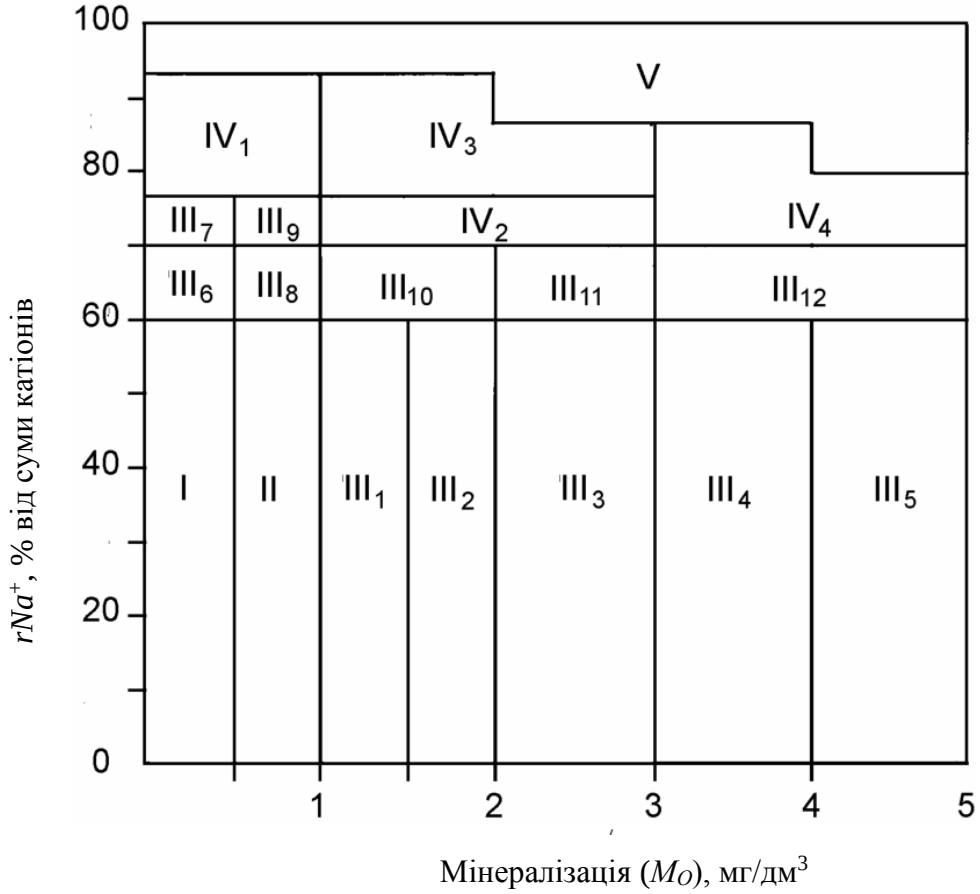

Рисунок 3.1 – Класифікація мінералізованих вод по ступеню їх придатності для зрошування (Бездніна С.Я.,1984):

I – води цілком придатні для зрошування всіх типів ґрунтів;
II – води придатні для зрошування більшості типів ґрунтів;
III – води обмежено придатні (III_{1-5} – потребують поліпшення розбавленням, III_{6-7} – потребують хімічної меліорації, III_{8-12} – потребують розбавлення і хімічної меліорації);
IV – води умовно придатні (IV_1 – потребують хімічної меліорації, IV_{2-4} – потребують розбавлення і хімічної меліорації);
V – води не придатні для зрошування.

Солонцюватість ґрунтів – їх надмірна насиченість обмінним натрієм (підставами, лугами), що негативно впливає на родючість [18, с.5,6].

До солонців [18, с.15] відносяться ґрунти, що містять в гумусовому горизонті таку кількість обмінного натрію, яка обумовлює розвиток в ґрунтах

комплексу несприятливих властивостей - лужну реакцію середовища, високу дисперсність мінеральної частини, зв'язність, набухання при зволоженні, сильне ущільнення і твердість при висушуванні.

Лужність водних витяжок з ґрунту обумовлюється [27, с.201] вмістом в них карбонатів і гідрокарбонатів лужних і лужноземельних металів і лужних солей кременевих і органічних речовин. У аналітичній практиці всі названі форми лужних солей зазвичай не розчленовують, а виражають сумарну або загальну лужність в іоні HCO_3^- і з неї виділяють:

1) лужність карбонатів лужних металів – іон CO_3^{2-}, представлену головним чином содою – Na_2CO_3;

2) лужність гідрокарбонатів лужних металів – іон HCO_3^-, представлену головним чином гідрокарбонатом натрію – $NaHCO_3$.

Виділення окремих форм лужності, пов'язаних з натрієм, важливе тому, що ці солі найбільш шкідливі (особливо Na_2CO_3) і присутність їх за відомих умов може указувати на солонцюватість ґрунту.

Залишкова карбонатність натрію (*ОКН* по Ітону) характеризує лужність води [28, с.18]:

$$ОКН = (rCO_3^{2-} + rHCO_3^-) - (rCa^{2+} + rMg^{2+}) \qquad (3.1)$$

або

$$ОКН = rNa^+ - (rCl^- + rSO_4^{2-}). \qquad (3.2)$$

Згідно класифікації Ітона, вода, у якої ОКН > 2,5 мг-екв/дм^3, не придатна для зрошування, при 1,25 ≤ *ОКН* ≤ 2,5 мг-екв/дм^3 її можна використовувати в обмеженому об'ємі, а при *ОКН* < 1,25 мг-екв/дм^3 вона безпечна.

Співвідношення іонів.

Найбільш поширеною є оцінка якості іригаційних вод по співвідношенню іонів.

Іригаційний (лужний) коефіцієнт Стеблера, чисельно рівний товщині шаруючи води в дюймах, при випаровуванні якої в ґрунті утворюється

шкідлива для більшості рослин кількість солей, розраховується по формулах [18, с.10]:

$$K_a = 288/(5rCl^-), \quad \text{при } rCl^- > rNa^+ \text{ (III)}, \qquad (3.3)$$

$$K_a = 288/(rNa^+ + 4rCl^-), \quad \text{при } rCl^- + rSO_4^{2-} > rNa^+ > rCl^- \text{ (II)}, \qquad (3.4)$$

$$K_a = 288/(10rNa^+ - 5rCl^- - 9rSO_4^{2-}), \quad \text{при } rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-} \text{ (I)}, \qquad (3.5)$$

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

Придатність води для зрошування в цьому випадку оцінюється таким чином:

– $K_a \geq 18$ – необмежено придатна для зрошування всіх культур;

– $18 > K_a \geq 6$ – придатна для зрошування більшості культур залежно від ґрунтово-кліматичних умов;

– $6 > K_a \geq 1{,}2$ – обмежено придатна для зрошування солестійких культур за умови хорошого штучного дренажу, проведенні промивних поливів і меліоративних заходів (наприклад, внесенні емульсії гіпсу до води);

– $K_a < 1{,}2$ – вода не придатна для зрошування.

Оцінку зрошувальних вод (небезпеку осолонцювання) І.Н. Антіпов-Каратаєв і Г.М. Кадер (1961) [18, с.16; 26, с.16; 19, с.85; 22, с.50] запропонували виконувати по наступному співвідношенню:

$$K = (Ca^{2+} + Mg^{2+})/Na^+ \geq 0{,}23M_O, \qquad (3.6)$$

де M_O – загальна концентрація розчинних солей у воді, г/дм^3;

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

М.Ф. Буданов (1965) – води з мінералізацією ≤1 г/дм^3 можуть застосовуватися для зрошування при співвідношенні натрію до кальцію (K_1) не більше 1, а натрію до суми кальцію і магнію (K_2) – не більше 0,7. Для вод з мінералізацією 1-3 г/дм^3 при збереженні перших, вводиться додаткова умова:

сума ($r\Sigma$ê) головних іонів, ділена на суму кальцію і магнію, (K_3) не повинна перевищувати: 4 – для середньо- і важкосуглинних ґрунтів; 5 – для легкосуглинних ґрунтів; 6 – для супіщаних і піщаних ґрунтів:

$$K_1 = rNa^+/rCa^{2+} \leq 1{,}0 \qquad (3.7)$$

$$K_2 = rNa^+/(rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq 0{,}70 \qquad (3.8)$$

$$K_3 = r\Sigma ê/(rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq В \qquad (3.9)$$

Можейко А.М. і Воротник Т.К. вважають, що води придатні для поливу при виконанні умови:

$$K = (Na^+ + K^+)/(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+) \leq 0{,}65, \qquad (3.10)$$

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

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

Глухова Т.П. пропонує використовувати воду для поливу, якщо виконуються співвідношення:

$$0{,}6 \leq rNa^+/ rCa^{2+} \leq 2{,}0 \qquad (3.11)$$

$$rMg^{2+}/ rCa^{2+} < 1{,}0 \qquad (3.12)$$

$$rMg^{2+}/(rCa^{2+}+ rMg^{2+}) < 0{,}5 \qquad (3.13)$$

Сабольч І. і Дараб Д. (1973) вважають, що кількість Mg^{2+} у поливній воді не надає шкідливу дію на ґрунт, якщо [26, с.16; 19, с.85; 28, с.18]:

$$rMg^{2+}/(rCa^{2+} + rMg^{2+}) \leq 0{,}50 \qquad (3.14)$$

Келлі і Лібіх встановили, що наявність Na^{+} и Mg^{2+} у поливній воді не надає шкідливу дію на ґрунт, якщо виконуються співвідношення:

$$rNa^{+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+}) \leq 1{,}0 \qquad (3.15)$$

$$rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+}) \leq 1{,}0 \qquad (3.16)$$

Показник адсорбційного співвідношення (*SAR*), розраховується по формулі Гапона (використовується для оцінки води в США) [18, с. 16]:

$$SAR = rNa^{+}/[(rCa^{2+} + rMg^{2+})/2]^{0,5}, \qquad (3.17)$$

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

За значенням *SAR* дається оцінка небезпеки осолонцювання ґрунтів (табл. 3.4 и 3.5):

Таблиця 3.4 – Класифікація вод по *SAR*

Показник *SAR*	Небезпека осолонцювання
≤ 10	мала
10 ÷ 18	середня
18 ÷ 26	висока
> 26	дуже висока

Таблиця 3.5 – Класифікація Річардса Л.А. [19, с. 87]

Загальна мінералі-зация, г/дм^3	Небезпека засолення ґрунту	Небезпека осолонцювання по значення *SAR*			
		низька	середня	висока	Дуже висока
≤ 1	Низька	8–10	15–18	22–26	> 26
1–2	Середня	6–8	12–15	18–22	> 22
2–3	Висока	4–6	9–12	14–18	> 18
> 3	Дуже висока	2–4	6–9	11–14	> 14

Концентрація токсичних іонів.

Для кожного виду рослин токсичними можуть бути різні речовини, тому перелік токсичних іонів залежить від вирощуваної культури.

Загалом при оцінці токсичності окремих іонів враховують вміст у водах бору (B^{3+}), натрію (Na^+), хлору (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 виявитися при дощуванні в денний час). У таблиці 3.6 приводиться характеристика якості поливних вод при різних способах поливу залежно від концентрації іонів Na^+, Cl^-, HCO_3^-, B^{3+} и NO_3^-.

Таблиця 3.6 – Токсичність іонів для сільськогосподарських культур при поверхневих поливах і дощуванні

Іон	Спосіб поливу	Якість води		
		Хороше	Середнє	Погане
Na^+, моль/дм^3	Поверхневий полив	≤3	>3 ÷≤ 9	>9
	Дощування	≤3		>3
Cl^-, моль/дм^3	Поверхневий полив	≤4	>4 ÷ ≤10	>10
	Дощування	≤3		>3
HCO_3^-, моль/дм^3	Дощування	≤1,5	>1,5 ÷ ≤8,5	>8,5
B^{3+}, мг/дм^3	При будь-якому поливі	≤0,7	>0,7 ÷ ≤2,9	>2,9
NO_3^-, мг/дм^3	При будь-якому поливі	≤5	>5 ÷ ≤30	>30

Вченими Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського УААН (С.А. Балюк та ін.), Українського наукового гігієнічного центру Мінздраву України (Г.Я. Чегринець та ін.), Інституту гідротехніки та меліорації УААН (М.І. Ромащенко), Харківського державного педагогічного університету (Т.О. Грінченко), Всеросійського науково-дослідного інституту гідротехніки та меліорації (С.Я. Бєздніна) розроблені екологічні критерії якості води для зрошення [29].

Оцінка якості води для зрошення за екологічними критеріями проводиться з метою попередження можливого негативного впливу на компоненти природного середовища та здоров’я населення. Вплив може проявлятися в зміні:

1) стійкості ґрунтових систем, в тому числі характеристик родючості ґрунтів та їх відповідність санітарно-гігієнічним вимогам;

2) санітарно-гігієнічного стану та харчової якості сільськогосподарської продукції рослинництва та тваринництва; характеристик гідрохімічного та санітарно-гігієнічного стану поверхневих та підземних вод.

Нормування показників якості води для зрошення за екологічними критеріями здійснюється в умовах, коли рівень ґрунтових вод не перевищує критичного рівня при рекомендованих режимах зрошення.

При оцінці якості води для зрошення за екологічними критеріями виділяють два класи води: *I клас – «придатна», II клас – «обмежено придатна».* Вода більш низької якості, показники якої виходять за межи значень II класу, непридатна для зрошення без попереднього поліпшення її складу і властивостей. Води II класу використовують для зрошення за умов екологічного контролю та обов'язкового застосування комплексу агромеліоративних заходів. Якщо за різними групами показників воду віднесено до різних класів якості води для зрошення, загальну оцінку здійснюють за гіршим показником.

Нормування якості води для зрошення за екологічними критеріями відповідно до ГОСТ 17.1.2.03 належить проводити за двома групами показників якості води:

а) *перша група* – властивості води та вміст речовин, які в певній кількості необхідні для нормального функціонування агроекосистеми (нормування показників здійснюється з позицій біологічної повноцінності та позитивного впливу на екологічне благополуччя об’єктів навколишнього природного середовища);

б) *друга група* – властивості води та вміст речовин, які негативно впливають на стан та функціонування агроекосистеми та компонентів навколишнього природного середовища (нормування показників здійснюється з позицій умов придатності води для зрошення).

Перша група містить такі загально-екологічні та еколого-гігієнічні показники: вміст азоту, мг/дм^3; вміст мікроелементів (*Mn, Fe, Cu, B, Co, Zn, Mo*) і *F*, мг/дм^3; величина БСК$_5$, мгO_2/дм^3.

Друга група містить такі показники:

а) *еколого-токсикологічні*: вміст важких металів (*Pb, Hg, Cd, Se, As,* $\sum$*Cr, V, Ni, V*), мг/дм^3; вміст пестицидів, мг/дм^3; вміст фенолів, ціанідів, мг/дм^3; вміст нафти і нафтопродуктів, мг/дм^3; вміст детергентів, мг/дм^3;

б) *санітарно-бактеріологічні*: наявність бактерій групи кишкової палички (колі-індекс); наявність фагів кишкової палички (індекс колі-фагів); наявність патогенної мікрофлори; наявність життєздатних яєць гельмінтів; радіоактивні речовини.

Оцінку якості зрошувальної води за показником вмісту макроелементів живлення рослин здійснюють з метою попередження погіршення еколого-гігієнічних показників поживної цінності сільськогосподарської продукції, а також еколого-гігієнічного стану підземних та поверхневих вод.

Оцінюють у воді вміст тільки мінерального азоту без урахування вмісту та співвідношення у воді різних його форм, які трансформуються, коли надходять в ґрунт із зрошувальною водою. Нормується загальне навантаження азоту на зрошувальні ґрунти: сумарне надходження азоту в ґрунт в кг діючої речовини на гектар з основним внесенням добрив та зрошувальною водою (розраховано за вмістом азоту у воді в мг/дм^3 та загальному об'єму води за

період зрошення в $м^3$/га) не повинно перевищувати максимально припустимих річних доз азотних добрив при зрошенні по зонах України (лісостеп, степ) [29].

Якщо вони перевищені, необхідно корегувати дози внесення азотних добрив в підживлення. В таких випадках, коли зрошення сільськогосподарських культур здійснюють без внесення азотних добрив (багаторічні бобові трави), воду вважають придатною для зрошення, якщо вміст мінерального азоту не перевищує 15 мг/$дм^3$.

Оцінку якості води за вмістом мікроелементів та важких металів здійснюють з метою попередження негативного впливу на сільськогосподарські рослини, ґрунти, підземні та поверхневі води. Оцінку якості зрошувальної води за вмістом окремих мікроелементів та важких металів проводять згідно з таблицею 3.7 з урахуванням пріоритетності показників та ступеню небезпеки елементів (з урахуванням класифікації мікроелементів та важких металів за ступенем небезпеки в зрошувальній воді) [29].

Оцінку якості води за вмістом пестицидів здійснюють з метою попередження негативного впливу на сільськогосподарські рослини та поверхневі води, рослинний та тваринний світ. Вміст пестицидів, як суми залишкової кількості діючої речовини та продуктів метаболізму, в зрошувальній воді лімітовано (перелік пестицидів наведено згідно ГОСТ 17.4.1.02 та СаНПіН 4630), а також за класифікацією пестицидів за ступенем небезпеки в зрошувальній воді, ґрунтах та рослинах (з урахуванням класифікації пестицидів за ступенем небезпеки в зрошувальній воді ґрунтах та рослинах) [29].

Якщо вміст пестицидів у воді не перевищує *ГДК* (табл. 3.8), воду відносять до класу I «придатна». В тому разі, коли вміст одного чи декількох пестицидів перевищує *ГДК*, оцінку якості води проводять з урахуванням ступеню небезпеки пестицидів. Воду відносять до класу II «обмежено придатна», якщо вміст пестицидів, віднесених до класу «мало небезпечні», не перевищує 2 *ГДК*. Воду вважають непридатною для зрошення, якщо перевищено *ГДК* пестицидів, віднесених до класів «помірно небезпечні» та «дуже небезпечні».

Таблиця 3.7 – Оцінка якості зрошувальної води за вмістом мікроелементів та важких металів (мг/дм^3)

Назва елементу	Оцінка якості води	
	I клас	II клас
Алюміній	< 2,0	2,0 - 5,0
Літій	< 1,0	1,0 - 2,5
Залізо*	< 2,0 (0,3)**	2,0 - 5,0
Цинк*	< 0,5	0,5 - 1,0
Марганець*	< 0,5	0,5 - 1,0
Хром (Cr^{3+})*	< 0,2	0,2 - 0,5
Молібден	< 0,005	0,005 - 0,01
Ванадій	< 0,05	0,05 - 0,1
Вольфрам	< 0,03	0,03 - 0,05
Вісмут	< 0,05	0,05 - 0,1
Фтор	< 0,8	0,8 - 1,5
Бор*	< 0,2	0,2 - 0,5
Селен	< 0,01	0,01 - 0,02
Нікель*	< 0,08	0,08 - 0,2
Мідь*	< 0,08	0,08 - 0,2
Хром (Cr^{6+})*	< 0,05	0,05 - 0,1
Кобальт*	< 0,02	0,02 - 0,05
Свинець*	< 0,02	0,02 - 0,05
Кадмій*	< 0,005	0,005 - 0,01
Ртуть*	< 0,002	0,002 - 0,005
Берилій	< 0,05	0,05 - 0,01
Миш'як	< 0,02	0,02 - 0,05

Примітки: * Пріоритетна група елементів згідно з ГОСТ 17.1.2.03; ** для крапельного зрошення.

Таблиця 3.8 – Гранично допустимі концентрації пестицидів у зрошувальній воді

Найменування пестициду	ГДК у зрошувальній воді, мг/дм^3
Дактал	1,0
Дилор	0,1
Полікарбацин	2,0
Прометрін	3,0
Трихлорацетат натрію	5,0
Цинеб	0,03
2,4-Д амінна сіль	0,2
Далапон	2,0
Карбофос	0,05
Пропанід	0,1
Сімазін	0,02
Трефлан	1,0
Хлорофос	0,05
Ялан (ордрам)	0,07
Рогор	0,03
Атразін	0,05
Гексахлорбутадієн	0,01
ДДТ	0,1
ПХК (поліхлоркамфен)	0,005
ПХП (поліхлорпинен)	0,02
Севін	0,1
Метафос	0,02
Гептахлор	0,05
ГХЦХ	0,02
Гранозан	0,0001

Оцінку якості води за еколого-гігієнічними та еколого-токсикологічними показниками – *БСК*$_5$, вмісту фенолів, ціанідів, нафти та нафтопродуктів, детергентів здійснюють з метою попередження зниження здатності ґрунтів до самоочищення, а також погіршення гігієнічного стану та харчової якості сільськогосподарської продукції. Воду вважають придатною для зрошення, якщо вміст цих речовин не перевищує *ГДК* (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Гранично допустимі концентрації деяких речовин у зрошувальній воді

Найменування речовини	*ГДК* у зрошувальній воді, мг/дм^3
БСК$_5$, мг O_2/дм^3	10,0
Феноли	0,005
Ціаніди	0,05
Нафта багатосірчана	0,2
Нафта інша та нафтопродукти	0,3
Детергенти	0,1

Оцінку зрошувальної води за небезпекою погіршення санітарно-бактеріологічного стану природного середовища здійснюють з метою попередження прямого негативного впливу на стан агроекосистеми та навколишнього природного середовища, та непрямого впливу на здоров'я людини, тому гігієнічні вимоги до зрошувальної води такі ж, як і до води господарчо-питного водокористування.

Воду вважають придатною для зрошення, якщо вона відповідає таким вимогам: колі-індекс не повинен перевищувати 1000 одиниць в 1 дм^3; індекс колі-фагів не повинен перевищувати 100 одиниць в 1 дм^3; вміст епідеміологічно небезпечних збуджувачів тифу, паратифу, патогенних ешерихій, сальмонел не допускається; вміст життєздатних яєць гельмінтів не допускається.

3.2 Іригаційна оцінка якості вод Сасику

В таблиці 3.10 наведено результати аналізу таблиці В1 (додаток В).

За теплий період (ТП) мінералізація вод Сасику в середньому складає 1646 мг/дм^3 при діапазоні 944-2264 мг/дм^3, концентрація токсичних для рослин іонів (солей) в середньому дорівнює 1309 мг/дм^3 при діапазоні 552-1982 мг/дм^3. Таким чином, мінеральний склад вод Сасику в основному представлений токсичними іонами.

Вода Сасику сприяє утворення у ґрунті Na_2SO_4, $MgSO_4$ і $NaCl$. Серед гіпотетичних солей переважає $NaCl$ з середньою концентрацією 0,84 г/дм^3 і максимальною – 1,34 г/дм^3. Токсичність цієї солі така, як і у питної соди ($NaHCO_3$). Якщо у воді з мінералізацією 1,5-3,0 г/дм^3 переважає $NaCl$, то цю воду можна застосовувати для поливу тільки на легких і дренованих ґрунтах [21, с.49]. Для добре проникних ґрунтів допустимий вміст солей: $NaCl < 2$ г/дм^3 (34,2 ммоль/дм^3); $Na_2SO_4 < 5$ г/дм^3 (35,2 ммоль/дм^3).

При випаровуванні шару води з Сасику 1 мм на площі 1 га може утворитися в середньому 13 кг/га (до 20 кг/га) токсичних солей, з яких: 8,4 кг/га (до 13 кг/га) буде $NaCl$; 1,4 кг/га (до 4,1 кг/га) – Na_2SO_4; 3,8 кг/га (до 5,4 кг/га) – $MgSO_4$.

За класифікацією Альокіна О.А. води Сасику відносяться до хлоридного класу групи натрію протягом усього теплого періоду. Протягом 80% ТП тип вод II, але протягом 20% ТП спостерігається співвідношення іонів III типу.

Протягом 90% ТП за класифікацією Костякова А.М. вода Сасику «підвищено небезпечна» для поливу (за класифікацією США мінералізація «дуже висока») і тільки 10% ТП вона має характеристику «потребує обережний підхід» (США – мінералізація «висока»).

За класифікацією Бездніної С.Я. води Сасику відносяться до категорії III (III1-5 – 20%ТП; III6,8,10-12 – 70% ТП). Води цієї категорії можуть використовуватися для поливу після хімічної меліорації і розбавлення маломінералізованою водою.

Таблиця 3.10 – Оцінка якості вод вдсх Сасик (ГНС-2) (теплий період) (за автором)

Значення	M_0	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	$C_{ТОКС}$
сер., мг/дм^3	1646	187	400	522	86,5	75,3	365	12,4	1309
min, мг/дм^3	944	116	96,0	355	40,0	24,3	155	3,00	552
max, мг/дм^3	2264	256	710	815	210	109	560	21,0	1982

Значення	CO_3^{2-}	Na_2CO_3	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$	$NaHCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaCl_2$	$NaCl$	$MgCl_2$
сер., мг/дм^3	14,6	0,0	17,0	22,9	240	0,0	28	105	135	383	16,1	839	78,6
max, мг/дм^3	60,0	0,0	17,1	40,0	340	0,0	59	428	413	542	16,5	1344	142
p%	24,0	0,0	10,0	55,0	100	0,0	25,0	70,0	80	90	10,0	100	20,0

Значення	Клас						Група						Тип
сер.	карбонатно	13	сульфатно	32	хлоридні	55	кальцієво	16	магнієво	23	натрієві	61	2
p%	карбонатні - 0,0 сульфатні - 0,0 хлоридні - 100						кальцієві - 0,0 магнієві - 0,0 натрієві - 100						1 - 0,0 2 - 80,0 3 - 20,0

Значення	Костяков А.М.		Безднина С.Я.		Можейко А.М. Воротник Т.К.		Антипов-Каратаев И.Н. Кадер Г.М.			Буданов А.М.			
	M_0	Оцінка	Na^+, %	Оцінка	K	Оцінка	$0{,}23M_0$	*ПКО*	Оцінка	K_1	K_2	K_3	Оцінка
сер.	1620	підвищ. небезп.	61	III(6,8,10-12)	76,2	дуже неспр.	0,37	0,32	не придатні	3,90	1,57	5,18	не придатні
p%	добра - 0,0 обережн. підх. - 10,0 підвищ. небезп. - 90,0 засолює - 0,0		I - 0,0 II - 10,0 III(1-5) - 20,0 III(6,8,10-12) - 70,0 IV4 - 0,0		сприятлива - 5,0 несприятл. - 25,0 дуже неспр. - 70,0		придатна - 25,0 не придатна - 75,0			придатна - 0,0 умовно придатна - 0,0 не придатна - 100			

Значення	Класифікація США		Стеблер Х.		Департамент с/х США		Сабольч І. і Дараб К.		Келлі і Лібіх		
	M_0	Солоність	$K_И$	Оцінка	*SAR*	Небезпека осолонцювання	K_{Mg}	Вплив на ґрунти	K_{Na}	K_{Mg}	Можливість використання
сер.	1620	дуже висока	4,1	незадовільні	7,05	низька	60	шкідливе	1,57	0,60	не можливо
p%	середня - 0,0 висока - 10,0 дуже висока - 90,0		добрі - 0,0 незадовільні - 100		низька - 100 середня - 0,0		не шкідливе - 25,0 шкідливе - 75,0		можливо - 5,0 не можливо - 95,0		

Протягом 100% ТП за класифікацією Стеблера Х. води *незадовільні*, *обмежено придатні* для зрошення солестійких культур. Існує небезпека осолонцювання.

Небезпека осолонцювання за Антиповим-Каратаєвим І.Н. і Кадером Г.М. – води «*не придатні*» 75% ТП, за Будановим А.М. – води «*не придатні*» 100% ТП, за Можейко А.М. і Воротником Т.К. – води «*дуже несприятливі*» 70% ТП і «*несприятливі*» 25% ТП.

За показником *SAR* департаменту сільського господарства США ризик вторинного осолонцювання «*низький*» 100% ТП, це не співпадає з оцінкою за іншими методиками.

Кількість магнію у воді Сасику за Сабольчем І. і Дарабом К. *шкідливо впливає* на ґрунти (небезпека магнієвого осолонцювання) протягом 75% ТП.

За Келлі і Лібіхом використання вод Сасику для поливу *не можливо* за вмістом натрію 95% ТП.

У цілому слід відмітити, що іригаційна оцінка якості вод Сасику за різними методиками співпадає: вода сприяє засоленню і осолонцюванню ґрунту.

Вода Сасику може використовуватися для поливу лише після розбавлення маломінералізованою водою та хімічної меліорації.

4 ЯКІСТЬ ВОД САСИКУ ЯК ОБ'ЄКТА КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВОГО ТА РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

4.1 Якість вод Сасику за санітарними нормами

В таблиці 4.1 наведені *ГДК* забруднювальних речовин для різних потреб.

Таблиця 4.1 – ГДК забруднювальних речовин (санітарні норми – купання, спорт, відпочинок населення; рибогосподарські норми – категорія друга)

№ п/п	Показник	Р/г норми		Санітарні норми		
		ЛОШ	*ГДК*	*ЛОШ*	Клас	*ГДК*
1	Мінералізація	–	–	–	–	1000
2	Хлориди, мг/дм^3	сан.-токс.	300	орг.	4	350
3	Сульфати, мг/дм^3	сан.-токс.	100	орг.	4	500
4	Кальций, мг/дм^3	сан.-токс.	180	–	–	–
5	Магній, мг/дм^3	сан.-токс.	40,0	–	–	–
6	Натрій, мг/дм^3	сан.-токс.	120	сан.-токс.	2	200
7	Калій, мг/дм^3	сан.-токс.	50,0	–	–	–
8	БСК$_{П}$, мг*O*/дм^3	–	3,0	–	–	6,0
9	Азот амонійний, мгN/дм^3	токс.	0,39	сан.-токс.	3	2,0
10	Нітрити, мг*N*/дм^3(мг/дм^3)	токс.	0,02	сан.-токс.	2	(3,3)
11	Нітрати, мг*N*/дм^3(мг/дм^3)	сан.-токс.	9,1	сан.-токс.	3	(45,0)
12	Нафтопродукти, мг/дм^3	р/г	0,05	орг.	4	0,3
13	*СПАР*, мг/дм^3	сан.-токс.	0,50	–	–	–
14	Фосфати, мг/дм^3	заг.-сан.	0,15	орг.	3	3,5
15	*pH*	–	6,5-8,5	–	–	6,5-8,5
16	Розчинений кисень	–	6,0	–	–	4,0
17	*ХСК*, мг*O*/дм^3	–	–	–	–	30
18	Алюміній	токс.	0,04	сан.-токс.	2	0,5
19	Залізо, мг/дм^3	токс.	0,1	орг.	3	0,3

За санітарними нормами оцінюють якість водних об’єктів для купання, занять спортом та відпочинку населення, яки належать до комунально-побутового використання [30].

Норми якості води водних об’єктів включають: загальні вимоги до складу і властивостей води водних об’єктів, які використовуються для господарсько-питних та комунально-побутових цілей, і перелік *ГДК* речовин у воді водних об’єктів.

У переліку гігієнічних *ГДК* зазначаються: повна назва речовини, лімітуюча ознака шкідливості, нормативне числове значення *ГДК* (норматив) і клас небезпеки речовини.

Перелік санітарно-гігієнічних *ГДК* має три групи речовин за лімітуючими ознаками шкідливості (*ЛОШ*): перша група це речовини з санітарно-токсикологічною *ЛОШ*; друга – з органолептичною *ЛОШ*; третя – з загальносанітарною *ЛОШ*.

За санітарними нормами у групи спільної дії об’єднують показники, нормовані з *ЛОШ* 1 і 2 класу небезпеки (у формулі (4.2) n – кількість показників з однаковими *ЛОШ* 1 і 2 класу небезпеки). Решта показників, нормованих без *ЛОШ* або з *ЛОШ*, але 3 і 4 класу небезпеки, не мають ефекту спільної дії [31].

Загальні вимоги до складу і властивостей води водотоків у місцях комунально-побутового водокористування наведені у таблиці 4.2. Санітарно-гігієнічні *ГДК* деяких речовин наведені у таблиці 4.1.

Зіставлення показників з нормативами приведене в таблиці 4.3.

За таблицією 4.3 видно, що якість вод Сасику не відповідає вимогам санітарних норм для водних об’єктів комунально-побутового призначення за такими показниками як: мінералізація (перевищення нормативу в 1,6 рази), *БСК* (- в 1,7 рази), *ХСК* (- в 2,4 рази), розчинений кисень, хлориди (- в 1,5 рази) та група речовин (алюміній, нітрити і натрій) з санітарно-токсикологічною *ЛОШ* (- в 1,9 рази). У цієї групі основною забруднювальною речовиною є натрій, його вміст перевищує норматив в 1,8 рази. Такі води можна характеризувати як «слабо забруднені».

Таблиця 4.2 – Загальні вимоги до складу і властивостей вод у місцях господарсько-питного та комунально-побутового водокористування

Показник	Водокористування	
	господарсько-питне	комунально-побутове
Завислі речовини	При скиді зворотних (стічних) вод конкретним водокористувачем, проведенні роботи на водному об'єкті і у прибережній зоні вміст завислих речовин у контрольному створі (пункті) не повинен збільшуватись порівняно з природними умовами більш, ніж на	
	0,25 мг/дм^3	0,75 мг/дм^3
Плаваючі домішки	На поверхні води не повинні виявлятися плівки нафтопродуктів, масел, жирів та скупчення інших домішок.	
Забарвлення	Не повинне виявлятися у стовпчику	
	20 см	10 см
Запахи, присмаки	Вода не повинна набувати запахів інтенсивністю більш за 1 бал, які виявляються :	
	безпосередньо або при наступному хлоруванні	безпосередньо
Температура	Літня температура води у результаті скиду стічних вод не повинна підвищуватись більш як на 3^{0}С порівняно з середньомісячною температурою води найжаркішого місяця року за останні 10 років	
pH	Не повинен виходити за межі 6,5 - 8,5	
Мінералізація	Не більш 1000 мг/дм^3 у тому числі хлоридів - 350 мг/дм^3, сульфатів - 500 мг/дм^3	Нормується згідно наведеного вище показника “присмаки”
Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/дм^3 у будь-який період року	
БСК$_{повн}$	Не повинне перевищувати при температурі 20^{0}С	
	3 мг O_2/дм^3	–
Хімічні речовини	Не повинні міститься у воді водотоків та водоймищ у концентраціях, які перевищують нормативи, встановлені у відповідності з правилами охорони поверхневих вод.	
Збудники хвороб	Вода не повинна містити збудників хвороб, в тому числі життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокор, фасциол), онкосфери тенеїд та життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших.	
Токсичність	-	

Таблиця 4.3 – Оцінка якості вод водосховища Сасик як об’єкта комунально-побутового призначення (за автором)

ЛОШ	Клас	Показник	Одиниця виміру	C_E	*ГДК*	C_E/*ГДК*	Прим.
–	–	Мінералізація	мг/дм^3	1646	1000	–	ні
–	–	БСК$_П$	мгО/дм^3	10,4	6,0	–	ні
–	–	*pH*	–	7,9	6,5-8,5	–	–
–	–	*ХСК*	–	71,3	30,0	–	ні
–	–	Розчин. кисень	мгО/дм^3	3,8	4,0	–	ні
–	–	Кальцій	–	86,5	–	–	–
–	–	Магній	–	74,7	–	–	–
–	–	Калій	–	12,4	–	–	–
–	–	СПАР	–	0,19	–	–	–
с.-токс.	3	Азот амонійний	мгN/дм^3	0,90	2,0	–	–
с.-токс.	3	Нітрати	мг/дм^3	2,9	45	–	–
орг.	3	Залізо	мг/дм^3	0,22	0,3	–	–
орг.	4	Нафтопродукти	мг/дм^3	0,145	0,3	–	–
орг.	3	Фосфати	мг/дм^3	0,093	3,5	–	–
орг.	4	Хлориди	мг/дм^3	522	350	–	ні
орг.	4	Сульфати	мг/дм^3	400	500	–	–
	2	Алюміній	мг/дм^3	0,036	0,5	0,072	
с.-токс.	2	Нітрити	мг/дм^3	0,087	3,3	0,026	
	2	Натрій	мг/дм^3	365	200	1,825	
					Σ	1,923	ні

4.2 Якість вод Сасику за рибогосподарськими нормами

До рибогосподарського водокористування належить використання водних об’єктів для проживання, розмноження і міграції риб та інших організмів [30].

Рибогосподарські водні об’єкти можуть бути трьох категорій:

до вищої категорії належать місця розташування нерестовищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних видів риб та інших водних організмів, а також водні об’єкти для штучного розведення риб і інших водних організмів;

до першої категорії належать водні об’єкти, що використовуються для збереження та відтворення цінних видів риб, які мають високу чутливість до вмісту кисню;

до другої категорії належать водні об’єкти, які використовуються для інших рибогосподарських цілей.

Норми якості води водних об’єктів включають: загальні вимоги до складу і властивостей води водних об’єктів, які використовуються для р/х цілей, і перелік *ГДК* речовин у воді водних об’єктів.

У переліках *ГДК* зазначаються: повна назва речовини, лімітуюча ознака шкідливості та нормативне числове значення *ГДК* (норматив).

У переліку рибогосподарських *ГДК* речовини поділені на п’ять груп за лімітуючими ознаками шкідливості (*ЛОШ*): санітарно-токсикологічна; органолептична; загальносанітарна; токсикологічна; рибогосподарська [31].

При рибогосподарському використанні водного об’єкта норми якості води повинні виконуватись в усьому водному об’єкті, починаючи з контрольного створу, який визначається у кожному конкретному випадку органами рибнадзору, але не далі як за 500 м від місця скиду стічних вод.

Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то ці природні властивості та склад води повинні витримуватись у місцях водокористування.

Оцінка якості води виконується за загальними показниками складу і властивостей (зважені речовини; плаваючі домішки; забарвлення, запахи і присмаки; температура; *pH*; розчинений кисень; *БСК*) і за змістом шкідливих речовин у воді.

Критерієм змісту забруднювача у воді є його *ГДК*:

а) якщо речовини не володіють ефектом сумарної дії, то необхідно, щоб виконувалася умова:

$$C_i \leq ГДК, \qquad (4.1)$$

де C_i – значення і-ого показника (концентрація речовини);

$ГДК_i$ – норматив і-ого показника (гранично допустима концентрація).

б) якщо речовини володіють ефектом сумарної дії, то їх об'єднують в групи по *ЛОШ* і для кожної групи необхідно, щоб:

$$\psi = \sum_{1}^{n} (C_i / ГДК_i) \leq 1, \qquad (4.2)$$

де n – кількість показників (речовин) в групі суммациі.

Показники в групах суммациі не можна розглядати окремо і порівнювати їх значення з відповідними нормативами. Часто значення кожного показника окремо може бути менше його нормативу, але при цьому вміст речовин всієї групи у воді може не відповідати вимогам норм.

Оцінка якості води двухбалльная: якщо хоч би один показник перевищує норматив, то вважається, що вода брудна (не відповідає вимогам норм); інакше - чиста (відповідає нормам).

Відповідно до рибогосподарських норм ефектом сумарної дії володіють речовини з однаковим *ЛОШ*.

У таблиці 4.4 представлені загальні показники складу і властивостей води водотоків і водоймищ в місцях рибогосподарського використання і вимоги рибогосподарських норм за цими показниками. Нормативи (*ГДК*) показників, використовуваних для оцінки якості води приведені у таблиці 4.1 .

Таблиця 4.4 – Загальні вимоги до складу і властивостей води водотоків та водоймищ в місцях рибогосподарського використання

Показники	Рибогосподарське водокористування (категорії)	
	вища і перша	друга
1	2	
Завислі речовини	При скиді зворотних (стічних) вод конкретним водокористувачем, проведенні роботи на водному об'єкті і у прибережній зоні вміст завислих речовин у контрольному створі (пункті) не повинен збільшуватись порівняно з природними умовами більш, ніж на 0,25мг/дм^3 0,75 мг/дм^3	
Плаваючі домішки	На поверхні води не повинні виявлятися плівки нафтопродуктів, масел, жирів та скупчення інших домішок.	
Забарвлення	Вода не повинна набувати стороннього забарвлення	
Запахи, присмаки	Вода не повинна надавати сторонніх запахів та присмаків м'ясу риби	
Температура	Температура води не повинна підвищуватись порівняно з температурою водного об'єкта більш як на 5^{0}С із загальним підвищенням температури не більш ніж до 20^{0}С влітку і 5^{0}С взимку для водних об'єктів, які населяють холодноводні риби (лососеві та сигові), і не більш ніж до 28^{0}С влітку і 8^{0}С взимку у решті випадків. У місцях нерестовищ забороняється підвищувати температуру води взимку більш ніж до 2^{0}С.	
Водневий показник (pH)	Не повинен виходити за межі 6,5 - 8,5	
Мінералізація	Нормується згідно з таксаціями рибогосподарських водних об'єктів.	
Розчинений кисень	У зимовий (підлітній) період повинен бути не менше 6 мг/дм^3 4 мг/дм^3 У літній (відкритий) період на всіх водних об'єктах повинен бути не менше 6 мг/дм^3	
Біохімічне споживання кисню БСК	3 мг О/дм^3 3 мг О/дм^3 Якщо у зимовий період вміст розчиненого кисню у водних об'єктах вищої та першої категорій знижується до 6 мг/дм^3 , а у водних об'єктах другої категорії - до 4 мг/дм^3, то можна припустити скид в них лише тих стічних вод, які не змінюють БСК води.	
Хімічні речовини	Не повинні міститься у воді водотоків та водоймищ у концентраціях, які перевищують нормативи, встановлені у відповідності з правилами охорони поверхневих вод.	

Продовження табл. 4.4

Збудники хвороб	Вода не повинна містити збудників хвороб, в тому числі життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокор, фасциол), онкосфери тенеїд та життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших.
Токсичність води	Стічна вода на випуску у водний об'єкт не повинна справляти гострої токсичної дії на тест-об'єкти. Вода водного об'єкту в контрольному створі не повинна надавати хронічної токсичної дії на тест-об'єкти.

Таблиця 4.5 – Оцінка якості вод вдсх Сасик для рибогосподарських потреб (за автором)

ЛОШ	Показник	Одиниця виміру	C_{Ei}	$ГДК_i$	$C_{Ei}/ГДК_i$
–	Мінералізація	мг/дм^3	1646	–	–
–	*БСК*	мг*О*/дм^3	**10,4**	**3,0**	–
–	*ХСК*	мг*О*/дм^3	71,3	–	–
–	*pH*	–	7,9	6,5-8,5	–
–	Розчинений кисень	мг*О*/дм^3	**3,8**	**6,0**	–
заг.	Фосфати	мг/дм^3	0,093	0,15	
токс.	Алюміній	мг/дм^3	0,036	0,04	0,90
	Азот амонійний	мг*N*/дм^3(мг/дм^3)	0,70 (0,90)	0,39	1,79
	Азот нітритів	мг*N*/дм^3(мг/дм^3)	0,026 (0,087)	0,02	1,30
	Залізо	мг/дм^3	0,22	0,10	2,20
				Σ	**6,19**
с.-токс.	Хлориди	мг/дм^3	522	300	1,74
	Сульфати	мг/дм^3	400	100	4,00
	Кальций	мг/дм^3	86,5	180	0,48
	Магній	мг/дм^3	74,7	40,0	1,87
	Натрій	мг/дм^3	365	120	3,04
	Калій	мг/дм^3	12,4	50,0	0,25
	Азот нітратів	мг*N*/дм^3(мг/дм^3)	0,66 (2,9)	9,1	0,07
	СПАР	мг/дм^3	0,19	0,50	0,38
				Σ	**11,83**
р/г	Нафтопродукти	мг/дм^3	0,145	0,05	**2,90**

В таблиці 4.5 представлена оцінка якості вод Сасику за рибогосподарськими нормами. З цієї таблиці видно, що якість вод Сасику не відповідає вимогам рибогосподарських норм за вмістом органічних речовин (*БСК* вище за норматив в 3,5 разів), вміст розчиненого кисню менш за норматив в 1,6 разів, вміст групи речовин з токсикологічною *ЛОШ* перевищує норматив в 6,2 разів і вміст групи речовин з санітарно-токсикологічною *ЛОШ* – в 11,8 разів, перевищення нормативу за нафтопродуктами в 2,9 разів. За рибогосподарськими нормами води Сасику слід вважати «помірно забрудненими».

4.3 Екологічна оцінка якості вод Сасику

За екологічною оцінкою (табл. 4.6) якості поверхневих вод за відповідними категоріями [7] води Сасику являються:

солоноватими ß-мезогалинними, хлоридного класу, групи натрію, другого типу;

за блоком показників сольового складу – досить чистими (категорія 3);

за блоками трофо-сапробіологічних і специфічних (токсичних) показників – помірно забрудненими (категорія 5);

за узагальненим екологічним індексом, розрахованим за середніми значеннями показників – слабо забрудненими (категорія 4);

за узагальненим екологічним індексом, розрахованим за показниками з найгіршими значеннями – дуже брудними (категорія 7).

Таблиця 4.6 – Екологічна оцінка якості вод Сасику

Показник	Значення	Категорія	Клас	Індекс
Сольовий склад				
Сума іонів, мг/дм^3	1647	2	II	I_{1CP} = =(2+1+3)/3 =6/3 =2,0 I_{1MAX}=3,0
HCO_3^-, мг/дм^3, (мг-екв./дм^3)	187 (3,06)	–	–	
SO_4^{2-}, мг/дм^3, (мг-екв./дм^3)	400 (8,33)	1	I	
Cl^-, мг/дм^3, (мг-екв./дм^3)	522 (14,7)	3	II	
Ca^{2+}, мг/дм^3, (мг-екв./дм^3)	86,5 (4,32)	–	–	
Mg^{2+}, мг/дм^3, (мг-екв./дм^3)	75,3 (6,20)	–	–	
Na^++K^+, мг/дм^3, (мг-екв./дм^3)	377 (16,1)	–	–	
Трофо-сапробіологичні (еколого-санітарні)				
Завислі речовини, мг/дм^3	75,8	6	IV	I_{2CP} = =(6+2+7+ + 5+5+4+ +2+6)/8= =37/8=4,6 I_{2MAX} = 7,0
pH	7,9	2	II	
Розчинений кисень, мг*O*/дм^3	3,8	7	V	
NH_4^+, мг*N*/дм^3	0,70	5	III	
NO_2^-, мг*N*/дм^3	0,026	5	III	
NO_3^-, мг*N*/дм^3	0,66	4	III	
PO_4^{3-}, мг*P*/дм^3 (мг/дм^3)	0,030 (0,093)	2	II	
$БСК_П$, мгO_2/дм^3	10,4	6	IV	
Специфічні речовини (токсичні)				
Залізо, мкг/дм^3	220	4	III	I_{3CP} = =(4+5+6)/3= =15/3=5,0 I_{3MAX} = 6,0
Нафтопродукти, мкг/дм^3	145	5	III	
СПАР, мкг/дм^3	190	6	IV	
I_E = (3,0+4,6+5,0)/3 = 4,2 – **слабо забруднені**; I_{EMAX} = 7,0 – **дуже брудні**.				

ВИСНОВКИ

За результатами роботи можна зробити наступні висновки.

1. Мінералізація вод Сасику для потреб іригації дуже висока, в середньому складає 1,65 г/дм^3 при діапазоні 0,94-2,26 г/дм^3. Мінеральний склад представлений переважно токсичними іонами з концентрацією 1,31 г/дм^3 при діапазоні 0,55-1,98 г/дм^3.

2. Вода сприяє утворенню в ґрунті хлориду натрію та сульфатів натрію і магнію. Серед гіпотетичних солей переважає хлорид натрію з середньою концентрацією 0,84 г/дм^3 і максимальною – 1,34 г/дм^3. Для добре проникних ґрунтів допустимий вміст солі $NaCl < 2$ г/дм^3.

При випаровуванні шару води 1 мм на площі 1 га може утворитися в середньому 13 кг/га (до 20 кг/га) токсичних солей, з яких: 8,4 кг/га (до 13 кг/га) буде *NaCl*.

3. Небезпека натрієвого і магнієвого осолонцювання ґрунту при використанні вод Сасику дуже висока протягом усього теплого періоду.

4. Води Сасику можуть використовуватися для поливу добре проникних і дренованих ґрунтів, а тільки після розбавлення та хімічної меліорації цими водами можна поливати усі типи ґрунтів.

5. За рибогосподарськими нормами стан вод Сасику слід вважати «помірно забрудненим» за вмістом органічних речовин (*БСК* вище за норматив в 3,5 разів), вміст розчиненого кисню менш за норматив в 1,6 разів, вміст групи речовин з токсикологічною *ЛОШ* перевищує норматив в 6,2 разів, вміст групи речовин з санітарно-токсикологічною *ЛОШ* – в 11,8 разів, перевищення нормативу за нафтопродуктами в 2,9 разів.

6. Санітарний стан Сасику можна рахувати «слабо забрудненим» за такими показниками як: мінералізація (перевищення нормативу в 1,6 рази), *БСК* (- в 1,7 рази), *ХСК* (- в 2,4 рази), розчинений кисень, хлориди (- в 1,5 рази) та група речовин (алюміній, нітрити і натрій) з санітарно-токсикологічною *ЛОШ* (- в 1,9 рази). У цієї групі основною забруднювальною речовиною є натрій, його вміст перевищує норматив в 1,8 рази.

7. Екологічна оцінка якості вод Сасику за відповідними категоріями дає характеристику «слабо забруднені води» (категорія 4). Але за блоками трофо-сапробіологічних і специфічних (токсичних) показників стан вод Сасику характеризується як «помірно забруднені води» (категорія 5).

8. З викладеного слідує, що подальше використання Сасику можливо у різних напрямках:

- розвиток промислового та любительського рибальства;
- іригаційне призначення (для цього необхідні заходи по зниженню мінералізації вод, їх хімічної меліорації та дренуванню поливних угідь);
- рекреаційне призначення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алёкин О. А. К вопросу о химической классификации природных вод. // Вопросы гидротехники. Ленинград,: Гидрометиздат, 1946, 240 с.
2. А.Г. Кулибабин, А.Ф. Незвинский, И.Д. Кичук. Эколого-экономические аспекты орошения и рационального природопользования в зоне Дунай-Днестровской оросительной системы Одесской области. - Одесса, Украинская экологическая академия наук. Черноморское отделение, 1997. – 85 с.
3. Тимченко В. М. Эколого-гидрологические исследования водоемов северо-западного Причерноморья. Киев: Наукова Думка, 1990. 240 с.
4. Дунайське басейнове управління водних ресурсів. Протоколи засідання Міжвідомчої комісії по встановленню режиму роботи Придунайських водосховищ за 2007—2012 рр.
5. Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана / Под ред. Г. И. Швебса, Ю. А. Амброз. Киев — Одесса. Вища школа. 1979. 144 с.
6. Лозовицкий П. С. Опыт дисперсионного анализа химического состава оросительных вод юга Украины // М.: Почвоведение. 2003. № 12. С. 1491—1502.
7. Романенко В. Д., Жукинський В. Н., Оксіюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. — К.: СИМВОЛ-Т, 1998.- 28 с.
8. Иванов А.И. Сезонная динамика зоопланктона лимана Сасык// Матер. межвуз. совещ.: Охрана рыбных запасов и увеличение продуктивности водоемов южной зоны СССР. - Кишинев, 1970. - С.68-9.
9. Харченко Т.А., Тимченко В.М., Иванов А.И. и др. Биопродуктивность и качество воды Сасыкского водохранилища в условиях его опреснения.- Киев, Наук. думка, 1990.- 276 с.
10. Смирнова-Гараева Н.В. Характеристика макрофитов морских лиманов Дунай-Днестровского междуречья// Тр. 1-й ихтиол. конф. по изучению

морских лиманов северо-западной части Черного моря.- Кишинев, 1960.- С.55-61.

11. Волошкевич А.Н. Особенности формирования и рационального использования рыбных запасов опресненного водоема – Сасыкского водохранилища: Автореф. дисс. …канд. биол. наук.- М., 1991.- 27 с.
12. Парчук Г.В. Зоопланктон советского участка Дуная, Сасыкского водохранилища и Днестровского лимана: Автореф. дисс…канд. биол. наук.- Киев, 1985.- 19 с.
13. Гринбарт С.Б. Зообетос лиманов северо-западного Причерноморья как кормовая база промысловых рыб// Тр. 1-й ихтиол. конф. по изучению морских лиманов северо-западной части Черного моря.- Кишинев, 1960.- С.135-47.
14. Димитриев Я.И. Использование лагун Черного моря в рыбохозяйственных целях. – Кишинев, Штиинца, 1979.- 176 с.
15. Левина О.В. Донная фауна лимана Сасык в первый год после его реконструкции// Создание естественной кормовой базы для повышения продуктивности рыбоводства: Тез. докл. Всесоюз. конф.- М., ВНИИПРХ, 1984. – С.196-198.
16. https://www.e-reading.club/chapter.php/97792/38/Konovalova_-_Eksperimental%27naya_psihologiya__konspekt_lekciii.html
17. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40261/1/eksie_2016_49.pdf
18. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Мелиоративное почвоведение» для подготовки аспирантов по направлению 06.06.01 «Биологические науки», профиль «Почвоведение / Слюсарев В.Н., Терпелец В.И., Швец Т.В. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 26 с.
19. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: Учебник – 3-е изд. испр. и доп. – М.: изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова, 2003. – 448 с. (с. 80 оц. кач.).
20. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Издание 2-е, переработанное и дополненное. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487с.
21. Костяков А.Н. Основы мелиорации, 1960. – 189 с.

22. 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.
23. Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд. перераб. и доп. Том. 1. / Под ред. проф. В.М.Максимова. – Л.: Недра, 1979. – 512 с. (гипотетич.соли стр. 67)
24. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.:Гидрометеоиздат, 1970. – 446 с. (классиф.вод стр.120; о гипот.солях на стр.129-131)
25. Рекомендации по определению состава контролируемых показателей качества оросительных вод. – Новочеркасск: ФГНУ «РосНИИПМ», 2003. – 43 с.
26. Зайдельман Ф.Р., Смирнова Л.Ф., Шваров А.П., Никифорова А.С. Практикум по курсу «Мелиорация почв». – М.: изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова, 2007. – 66 с.
27. Астапов С.В. Мелиоративное почвоведение (практикум). Издание второе, переработанное и дополненное. М: Гос. издат. сельхоз.лит., 1958. – 368 с.
28. Атдаев С., Акмамедов Б. Качество воды главного коллектора туркменского озера «Алтын Асыр»/Международный научно-практический журнал. № 3-4. – Ашхабад: изд. Нац.инст.пустынь, рас.и жив.мира, 2012. – с. 18-19.
29. Якість вод для зрошення. Екологічні критерії. ВНД 33-5.5-02-97. – Харків: Державний комітет України по водному господарству, 1998. – 15 с.
30. Методи оцінки якості природних вод. Конспект лекцій / Укладач Юрасов С.М. – Одеса, вид–во «ТЕС», 2011 р. – 91 с.
31. Збірник методичних вказівок з дисципліни “Методи оцінки якості природних вод” для студентів спеціальності “Екологія та охорона навколишнього середовища”/ Юрасов С.М. – Одеса: ОДЕКУ, 2005. – 86 с.
32. Szabolch I., Darab K. Salt balance and Salt Trans of int longer // Soil Sci. – 1968. – v.l.

ДОДАТКИ

Додаток А

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1. Федькович К.В., кер. Юрасов С.М. Водосховище Сасик і його іригаційні можливості / матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Відновлення біотичного потенціалу Агроекосистем». (ДДАЕУ 11.10.2018 р. м. Дніпро) / за ред. Чорної В.І. Дніпро: вид-во «Роял Принт», 2018. С. 146-148.
2. Федькович К.В., кер. Юрасов С.М. Іригаційна оцінка якості вод Сасику / матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (19.10.2018, Харків). Харків: ХНАДУ, 2018. С. 199-202.
3. Федькович К.В., кер. Юрасов С.М. Оцінка якості вод водосховища Сасик як об’єкта іригаційного призначення / Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» 8 листопада 2018. Житомир: ЖДТУ, 2018. С. 39-40.

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критерієм мінералізації

Клас якості вод	Прісні води – I		Солонуваті води – II			Солоні води – III	
Категорія якості вод	Гіпо-галинні – 1	Оліго-галинні – 2	ß-мезо-галинні – 3	α –мезо-галинні – 4	Полі-галинні – 5	Еуга-линні – 6	Ультра-галинні – 7
Величина мінералізації, мг/дм^3	Менше 500	510–1000	1010–5000	5010–18000	18010–30000	30010–40000	Більше 40000

Таблиця Б.2 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудні
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабко-забруд-нені	помірно забруд-нені	брудні	дуже брудні
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	відмінні	добрі		задовільні		погані	дуже погані
	відмінні	дуже добрі	добрі	задо-вільні	посе-редні	погані	дуже погані

`Додаток В

Таблиця В.1 – Аналіз іригаційної якості вод водосховища Сасик за даними термінових спостережень ГНС-2, с.Трапівка

№	Дата	*pH*	мг/дм^3								
			Заг. мін.	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
				30,00	**61,02**	**48,03**	**35,45**	**20,04**	**12,15**	**22,99**	**39,10**
1	24.04.2007	8,3	2043	12	231,8	553	602,7	115	103,3	424,8	14,7
2	14.04.2008	8,4	1552	12	195,2	365,8	478,6	90	60,8	350,1	6
3	21.08.2008	8,3	1662	18	152,5	465,6	496,3	70	85,1	374,9	6
4	28.05.2009	8,3	1198	12	189,1	200,2	407,7	60	48,6	279,9	10
5	26.08.2009	8,4	963	12	140,3	96	390	100	24,3	200,1	7
6	31.05.2010	7,1	1487	0	207,4	416,2	390	90	48,6	335,1	12
7	16.08.2010	7,3	1099	0	158,6	217	372,2	50	51,6	250	14
8	13.05.2011	7,8	1595	0	231,8	403,7	460,9	70	79	349,8	14
9	20.06.2011	7,0	1623	0	219,6	393,6	496,3	60	79	374,9	15
10	12.09.2011	8,2	944	7	139,3	110	355	100	36,3	155,1	6
11	16.05.2012	8,2	1562	18	170,8	396	478,6	60	78,9	359,9	15
12	13.08.2012	7,4	1486	0	170,8	407,1	443,1	40	85,1	339,9	14
13	17.07.2013	8,2	1533	24	115,9	387,8	514	60	91,1	339,9	16
14	26.05.2014	7,2	2094	0	256,2	573,1	593,8	210	60,8	399,9	3
15	02.09.2014	7,1	1955	0	207,4	503	620,4	90	94,2	439,9	16
16	14.05.2015	7,4	2187	0	244	710,4	549,5	90	103,3	489,9	13
17	07.08.2015	8,1	1852	6	170,8	407	655,8	120	66,8	425	16
18	16.05.2016	9,2	1782	24	158,6	347,5	673,6	75	103,3	400	15
19	10.08.2016	8,4	2264	24	122	553,9	815,4	80	109,4	559,8	21
20	17.05.2017		2035	6	250,1	493	638,1	100	97,2	450,1	15

Продовження табл. В.1

№	мг-екв/дм^3											
	CO_3^{2-}	HCO_3^-	$CO_3^{2-}+HCO_3^-$	SO_4^{2-}	Cl^-	Σ АН.	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Σ КАТ.	АН-КАТ
1	0,40	3,80	4,20	11,51	17,00	32,71	5,74	8,50	18,48	0,38	32,72	0,00
2	0,40	3,20	3,60	7,62	13,50	24,72	4,49	5,00	15,23	0,15	24,72	-0,01
3	0,60	2,50	3,10	9,69	14,00	26,79	3,49	7,00	16,31	0,15	26,80	-0,01
4	0,40	3,10	3,50	4,17	11,50	19,17	2,99	4,00	12,17	0,26	19,17	0,00
5	0,40	2,30	2,70	2,00	11,00	15,70	4,99	2,00	8,70	0,18	15,69	0,01
6	0,00	3,40	3,40	8,67	11,00	23,07	4,49	4,00	14,58	0,31	23,07	0,00
7	0,00	2,60	2,60	4,52	10,50	17,62	2,50	4,25	10,87	0,36	17,62	0,00
8	0,00	3,80	3,80	8,40	13,00	25,21	3,49	6,50	15,22	0,36	25,21	0,00
9	0,00	3,60	3,60	8,19	14,00	25,79	2,99	6,50	16,31	0,38	25,80	-0,01
10	0,23	2,28	2,52	2,29	10,01	14,82	4,99	2,99	6,75	0,15	14,72	0,10
11	0,60	2,80	3,40	8,24	13,50	25,14	2,99	6,49	15,65	0,38	25,14	0,00
12	0,00	2,80	2,80	8,48	12,50	23,77	2,00	7,00	14,78	0,36	23,78	-0,01
13	0,80	1,90	2,70	8,07	14,50	25,27	2,99	7,50	14,78	0,41	25,28	0,00
14	0,00	4,20	4,20	11,93	16,75	32,88	10,48	5,00	17,39	0,08	32,88	0,00
15	0,00	3,40	3,40	10,47	17,50	31,37	4,49	7,75	19,13	0,41	31,38	-0,01
16	0,00	4,00	4,00	14,79	15,50	34,29	4,49	8,50	21,31	0,33	34,30	-0,01
17	0,20	2,80	3,00	8,47	18,50	29,97	5,99	5,50	18,49	0,41	29,97	0,00
18	0,80	2,60	3,40	7,23	19,00	29,64	3,74	8,50	17,40	0,38	29,64	-0,01
19	0,80	2,00	2,80	11,53	23,00	37,33	3,99	9,00	24,35	0,54	37,34	-0,01
20	0,20	4,10	4,30	10,26	18,00	32,56	4,99	8,00	19,58	0,38	32,57	-0,01

Продовження табл. В.1

№	мг-екв/дм^3																	
	Na_2CO_3	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$	$NaHCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$	ΣHCO_3	ПР	$CaSO_4$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	ΣSO_4	ПР	$CaCl_2$	$NaCl$	$MgCl_2$	ΣCl	ПР
1	0,00	0,00	0,40	4,20	0,00	0,00	4,20	0,00	1,54	1,48	8,50	11,52	0,00	0,00	17,00	0,00	17,00	0,00
2	0,00	0,00	0,40	3,60	0,00	0,00	3,60	0,00	0,89	1,73	5,00	7,62	-0,01	0,00	13,50	0,00	13,50	0,00
3	0,00	0,00	0,60	3,10	0,00	0,00	3,10	0,00	0,39	2,31	7,00	9,70	-0,01	0,00	14,00	0,00	14,00	0,00
4	0,00	0,40	0,00	2,99	0,00	0,50	3,50	0,00	0,00	0,67	3,49	4,17	0,00	0,00	11,50	0,00	11,50	0,00
5	0,00	0,00	0,40	2,70	0,00	0,00	2,70	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,30	8,70	2,00	11,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	3,40	0,00	1,09	3,57	4,00	8,67	0,00	0,00	11,00	0,00	11,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,10	2,60	0,00	0,00	0,37	4,14	4,52	0,00	0,00	10,50	0,00	10,50	0,00
8	0,00	0,00	0,00	3,49	0,00	0,31	3,80	0,00	0,00	2,21	6,19	8,40	0,00	0,00	13,00	0,00	13,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	2,99	0,00	0,60	3,60	0,00	0,00	2,31	5,89	8,19	0,00	0,00	14,00	0,00	14,00	0,00
10	0,00	0,00	0,23	2,52	0,00	0,00	2,52	0,00	2,29	0,00	0,00	2,29	0,00	0,28	6,75	2,99	10,01	0,00
11	0,00	0,40	0,19	2,99	0,00	0,40	3,40	0,00	0,00	2,15	6,09	8,24	0,00	0,00	13,50	0,00	13,50	0,00
12	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,80	2,80	0,00	0,00	2,29	6,19	8,48	0,00	0,00	12,50	0,00	12,50	0,00
13	0,00	0,00	0,80	2,70	0,00	0,00	2,70	0,00	0,29	0,29	7,50	8,08	0,00	0,00	14,50	0,00	14,50	0,00
14	0,00	0,00	0,00	4,20	0,00	0,00	4,20	0,00	6,28	0,64	5,00	11,93	0,00	0,00	16,75	0,00	16,75	0,00
15	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	3,40	0,00	1,09	1,63	7,75	10,48	-0,01	0,00	17,50	0,00	17,50	0,00
16	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,49	5,81	8,50	14,80	-0,01	0,00	15,50	0,00	15,50	0,00
17	0,00	0,00	0,20	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	2,99	0,00	5,48	8,47	0,00	0,00	18,49	0,01	18,50	0,00
18	0,00	0,00	0,80	3,40	0,00	0,00	3,40	0,00	0,34	0,00	6,90	7,24	-0,01	0,00	17,40	1,60	19,00	0,00
19	0,00	0,00	0,80	2,80	0,00	0,00	2,80	0,00	1,19	1,35	9,00	11,54	-0,01	0,00	23,00	0,00	23,00	0,00
20	0,00	0,00	0,20	4,30	0,00	0,00	4,30	0,00	0,69	1,58	8,00	10,27	0,00	0,00	18,00	0,00	18,00	0,00

Продовження табл. В.1

№	мг/дм^3														
	Na_2CO_3	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$	$NaHCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaCl_2$	$NaCl$	$MgCl_2$	ΣРАСЧ	ΣНАБЛ	ПР
	52,99	42,16	50,04	81,06	84,01	73,17	68,07	71,02	60,18	55,49	58,44	47,60			
1	0,0	0,0	20,0	307,9	0,0	0,0	104,8	104,8	511,6	0,0	993,6	0,0	2043	2043	0
2	0,0	0,0	20,0	259,3	0,0	0,0	60,7	122,7	301,1	0,0	789,0	0,0	1553	1553	0
3	0,0	0,0	30,0	202,6	0,0	0,0	26,8	163,9	421,5	0,0	818,2	0,0	1663	1662	0
4	0,0	16,9	0,0	242,7	0,0	7,7	0,0	47,9	210,3	0,0	672,1	0,0	1197	1198	0
5	0,0	0,0	20,0	186,4	0,0	0,0	136,1	0,0	0,0	16,5	508,6	95,2	963	963	0
6	0,0	0,0	0,0	275,5	0,0	0,0	74,3	253,9	240,7	0,0	642,9	0,0	1487	1487	0
7	0,0	0,0	0,0	202,2	0,0	7,6	0,0	26,6	249,3	0,0	613,6	0,0	1099	1099	0
8	0,0	0,0	0,0	283,1	0,0	22,4	0,0	157,2	372,6	0,0	759,8	0,0	1595	1595	0
9	0,0	0,0	0,0	242,7	0,0	44,3	0,0	163,9	354,3	0,0	818,2	0,0	1623	1623	0
10	0,0	0,0	11,7	185,0	0,0	0,0	155,9	0,0	0,0	15,6	394,3	142,2	905	903	2
11	0,0	17,1	9,8	226,9	0,0	0,0	0,0	153,0	366,6	0,0	789,0	0,0	1562	1562	0
12	0,0	0,0	0,0	161,8	0,0	58,8	0,0	162,3	372,6	0,0	730,5	0,0	1486	1486	0
13	0,0	0,0	40,0	154,0	0,0	0,0	20,1	20,3	451,2	0,0	847,3	0,0	1533	1533	0
14	0,0	0,0	0,0	340,3	0,0	0,0	427,5	45,7	301,1	0,0	978,9	0,0	2094	2094	0
15	0,0	0,0	0,0	275,5	0,0	0,0	74,3	116,0	466,5	0,0	1022,7	0,0	1955	1955	0
16	0,0	0,0	0,0	324,1	0,0	0,0	33,5	412,5	511,6	0,0	905,9	0,0	2188	2187	1
17	0,0	0,0	10,0	226,9	0,0	0,0	203,5	0,0	330,0	0,0	1080,3	0,6	1851	1851	0
18	0,0	0,0	40,0	210,7	0,0	0,0	23,4	0,0	415,1	0,0	1016,8	76,3	1782	1782	0
19	0,0	0,0	40,0	162,1	0,0	0,0	81,2	95,8	541,8	0,0	1344,2	0,0	2265	2265	1
20	0,0	0,0	10,0	332,2	0,0	0,0	47,1	112,1	481,4	0,0	1051,9	0,0	2035	2035	0

Продовження табл. В.1

№	Σ токс. іонів	Стеблер Х.			Можейко А.М., Воротник Т.К.		Антипов-Каратаев И.Н., Кадер Г.М.		
		Тип вод	K_I	Оцінка якості вод	K	Оцінка якості вод	$0{,}23*M_0$	$ПКО$	Оцінка якості вод
1	1610	2	3,3	незадов.	72,6	несприятл.	0,470	0,39	не придатна
2	1213	2	4,2	незадов.	76,4	вельми несприятл.	0,357	0,31	не придатна
3	1403	2	4,0	незадов.	75,8	вельми несприятл.	0,382	0,32	не придатна
4	930	2	5,0	незадов.	78,0	вельми несприятл.	0,275	0,29	придатна
5	620	3	5,2	незадов.	71,8	несприятл.	0,221	0,40	придатна
6	1137	2	4,9	незадов.	77,8	вельми несприятл.	0,342	0,29	не придатна
7	890	2	5,4	незадов.	76,9	вельми несприятл.	0,253	0,31	придатна
8	1290	2	4,3	незадов.	75,7	вельми несприятл.	0,367	0,33	не придатна
9	1336	2	4,0	незадов.	77,9	вельми несприятл.	0,373	0,29	не придатна
10	552	3	5,8	незадов.	63,4	сприятл.	0,217	0,59	придатна
11	1309	2	4,1	незадов.	77,2	вельми несприятл.	0,359	0,30	не придатна
12	1265	2	4,4	незадов.	77,1	вельми несприятл.	0,342	0,30	не придатна
13	1319	2	4,0	незадов.	74,3	несприятл.	0,353	0,35	придатна
14	1326	2	3,4	незадов.	69,3	несприятл.	0,482	0,45	не придатна
15	1605	2	3,2	незадов.	76,1	вельми несприятл.	0,450	0,32	не придатна
16	1830	2	3,5	незадов.	76,9	вельми несприятл.	0,503	0,30	не придатна
17	1411	3	3,1	незадов.	76,7	вельми несприятл.	0,426	0,31	не придатна
18	1508	3	3,0	незадов.	74,4	несприятл.	0,410	0,35	не придатна
19	1982	2	2,5	незадов.	79,3	вельми несприятл.	0,521	0,27	не придатна
20	1645	2	3,1	незадов.	75,5	вельми несприятл.	0,468	0,33	не придатна

Продовження табл. В.1

№	Буданов М.Ф.				Департамент сільського господарства США		Костяков А.М.		Безднина С.Я.			
	*К*1	*К*2	*К*3	Оцінка якості вод	*SAR*	Небезпека осолонцю-вання	Загальна мінераліз.	Оцінка якості вод	Загальна мінераліз.	*Na*, % від суми катіоннів	I-II	III
1	3,22	1,30	4,62	не прид.	6,925	низька	2043	підвищ.небезп.	2043	56		III(1-5)
2	3,39	1,60	5,22	не прид.	6,989	низька	1552	підвищ.небезп.	1552	62		III(6,8,10-12)
3	4,67	1,55	5,12	не прид.	7,118	низька	1662	підвищ.небезп.	1662	61		III(6,8,10-12)
4	4,07	1,74	5,52	не прид.	6,511	низька	1198	підвищ.небезп.	1198	64		III(6,8,10-12)
5	1,74	1,25	0,00	не прид.	4,656	низька	963	обережн. підх.	963	55	II	
6	3,25	1,72	5,47	не прид.	7,074	низька	1487	підвищ.небезп.	1487	63		III(6,8,10-12)
7	4,36	1,61	5,28	не прид.	5,923	низька	1099	підвищ.небезп.	1099	62		III(6,8,10-12)
8	4,36	1,52	5,08	не прид.	6,807	низька	1595	підвищ.небезп.	1595	60		III(6,8,10-12)
9	5,45	1,72	5,47	не прид.	7,484	низька	1623	підвищ.небезп.	1623	63		III(6,8,10-12)
10	1,35	0,85	0,00	не прид.	3,378	низька	944	обережн. підх.	944	46	II	
11	5,23	1,65	5,34	не прид.	7,188	низька	1562	підвищ.небезп.	1562	62		III(6,8,10-12)
12	7,41	1,64	5,32	не прид.	6,970	низька	1486	підвищ.небезп.	1486	62		III(6,8,10-12)
13	4,94	1,41	4,86	не прид.	6,455	низька	1533	підвищ.небезп.	1533	58		III(1-5)
14	1,66	1,12	4,25	не прид.	6,252	низька	2094	підвищ.небезп.	2094	53		III(1-5)
15	4,26	1,56	5,16	не прид.	7,734	низька	1955	підвищ.небезп.	1955	61		III(6,8,10-12)
16	4,74	1,64	5,31	не прид.	8,361	низька	2187	підвищ.небезп.	2187	62		III(6,8,10-12)
17	3,09	1,61	5,25	не прид.	7,714	низька	1852	підвищ.небезп.	1852	62		III(6,8,10-12)
18	4,65	1,42	4,87	не прид.	7,032	низька	1782	підвищ.небезп.	1782	59		III(1-5)
19	6,10	1,87	5,79	не прид.	9,553	низька	2264	підвищ.небезп.	2264	65		III(6,8,10-12)
20	3,92	1,51	5,04	не прид.	7,683	низька	2035	підвищ.небезп.	2035	60		III(6,8,10-12)

Бездніна с.Я. (I - придатні для зрошування всіх типів грунтів; II - придатні для зрошування більшості типів грунтів; III(1-5) - потребують поліпшення розбавленням; III(6,7) - потребують хімічної меліорації; III(8-12) - потребують хімічної меліорації і розбавлення;

Продовження табл. В.1

№	мг-екв/дм^3		%-екв/дм^3							
	Σ аніон.	Σ катіон.	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Σ аніон.	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	Σ катіон.
1	32,71	33,09	13	35	52	100	17	26	57	100
2	24,72	24,88	15	31	55	100	18	20	62	100
3	26,79	26,96	12	36	52	100	13	26	61	100
4	19,17	19,42	18	22	60	100	15	21	64	100
5	15,70	15,87	17	13	70	100	31	13	56	100
6	23,07	23,37	15	38	48	100	19	17	64	100
7	17,62	17,97	15	26	60	100	14	24	62	100
8	25,21	25,57	15	33	52	100	14	25	61	100
9	25,79	26,19	14	32	54	100	11	25	64	100
10	14,82	14,88	17	15	68	100	34	20	46	100
11	25,14	25,52	14	33	54	100	12	25	63	100
12	23,77	24,14	12	36	53	100	8	29	63	100
13	25,27	25,68	11	32	57	100	12	29	59	100
14	32,88	32,95	13	36	51	100	32	15	53	100
15	31,37	31,79	11	33	56	100	14	24	61	100
16	34,29	34,63	12	43	45	100	13	25	62	100
17	29,97	30,38	10	28	62	100	20	18	62	100
18	29,64	30,03	11	24	64	100	12	28	59	100
19	37,33	37,88	7	31	62	100	11	24	66	100
20	32,56	32,95	13	32	55	100	15	24	61	100

Продовження табл. В.1

№	КЛАС						ГРУПА						ТИП
	HCO_3^-		SO_4^{2-}		Cl^-		Ca^{2+}		Mg^{2+}		$Na^+ + K^+$		
1	13	карбонатні	35	сульфатні	52	хлорідні	17	кальцієві	26	магнієві	57	натрієві	II
2	15	карбонатні	31	сульфатні	55	хлорідні	18	кальцієві	20	магнієві	62	натрієві	II
3	12	карбонатні	36	сульфатні	52	хлорідні	13	кальцієві	26	магнієві	61	натрієві	II
4	18	карбонатні	22	сульфатні	60	хлорідні	15	кальцієві	21	магнієві	64	натрієві	II
5	13	сульфатні	17	карбонатні	70	хлорідні	13	магнієві	31	кальцієві	56	натрієві	III
6	15	карбонатні	38	сульфатні	48	хлорідні	17	магнієві	19	кальцієві	64	натрієві	II
7	15	карбонатні	26	сульфатні	60	хлорідні	14	кальцієві	24	магнієві	62	натрієві	II
8	15	карбонатні	33	сульфатні	52	хлорідні	14	кальцієві	25	магнієві	61	натрієві	II
9	14	карбонатні	32	сульфатні	54	хлорідні	11	кальцієві	25	магнієві	64	натрієві	II
10	15	сульфатні	17	карбонатні	68	хлорідні	20	магнієві	34	кальцієві	46	натрієві	III
11	14	карбонатні	33	сульфатні	54	хлорідні	12	кальцієві	25	магнієві	63	натрієві	II
12	12	карбонатні	36	сульфатні	53	хлорідні	8	кальцієві	29	магнієві	63	натрієві	II
13	11	карбонатні	32	сульфатні	57	хлорідні	12	кальцієві	29	магнієві	59	натрієві	II
14	13	карбонатні	36	сульфатні	51	хлорідні	15	магнієві	32	кальцієві	53	натрієві	II
15	11	карбонатні	33	сульфатні	56	хлорідні	14	кальцієві	24	магнієві	61	натрієві	II
16	12	карбонатні	43	сульфатні	45	хлорідні	13	кальцієві	25	магнієві	62	натрієві	II
17	10	карбонатні	28	сульфатні	62	хлорідні	18	магнієві	20	кальцієві	62	натрієві	II
18	11	карбонатні	24	сульфатні	64	хлорідні	12	кальцієві	28	магнієві	59	натрієві	III
19	7	карбонатні	31	сульфатні	62	хлорідні	11	кальцієві	24	магнієві	66	натрієві	II
20	13	карбонатні	32	сульфатні	55	хлорідні	15	кальцієві	24	магнієві	61	натрієві	II

Продовження табл. В.1

№	Класифікація США		Собольч і Дараб		Келлі і Лібіх		
	Загальна мінераліз.	Мінералізація	*K*	Дія	*Na*	*Mg*	Можливість використання
1	2043	дуже висока	60	шкідливе	1,30	0,60	не можливо
2	1552	дуже висока	53	шкідливе	1,60	0,53	не можливо
3	1662	дуже висока	67	шкідливе	1,55	0,67	не можливо
4	1198	дуже висока	57	шкідливе	1,74	0,57	не можливо
5	963	висока	29	не шкідливе	1,25	0,29	не можливо
6	1487	дуже висока	47	не шкідливе	1,72	0,47	не можливо
7	1099	дуже висока	63	шкідливе	1,61	0,63	не можливо
8	1595	дуже висока	65	шкідливе	1,52	0,65	не можливо
9	1623	дуже висока	68	шкідливе	1,72	0,68	не можливо
10	944	висока	37	не шкідливе	0,85	0,37	можливо
11	1562	дуже висока	68	шкідливе	1,65	0,68	не можливо
12	1486	дуже висока	78	шкідливе	1,64	0,78	не можливо
13	1533	дуже висока	71	шкідливе	1,41	0,71	не можливо
14	2094	дуже висока	32	не шкідливе	1,12	0,32	не можливо
15	1955	дуже висока	63	шкідливе	1,56	0,63	не можливо
16	2187	дуже висока	65	шкідливе	1,64	0,65	не можливо
17	1852	дуже висока	48	не шкідливе	1,61	0,48	не можливо
18	1782	дуже висока	69	шкідливе	1,42	0,69	не можливо
19	2264	дуже висока	69	шкідливе	1,87	0,69	не можливо
20	2035	дуже висока	62	шкідливе	1,51	0,62	не можливо