

## **РОЗДІЛ 2. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗРОШУВАННЯ, КАРАНТИНУ І ЗАХИСТУ РОСЛИН**

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-5>

### ***Морозов О. В.***

*доктор сільськогосподарських наук, професор,  
професор кафедри гідротехнічного будівництва,  
водної та електричної інженерії  
Херсонський державний аграрно-економічний університет  
м. Херсон*

### ***Козленко Є. В.***

*кандидат сільськогосподарських наук, докторант  
Інститут зрошуваного землеробства  
Національної академії аграрних наук України  
м. Херсон*

### ***Морозов В. В.***

*кандидат сільськогосподарських наук, професор,  
професор кафедри гідротехнічного будівництва,  
водної та електричної інженерії  
Херсонський державний аграрно-економічний університет  
м. Херсон*

### ***Морозов О. С.***

*кандидат економічних наук, доцент,  
завідувачка кафедри готельно-ресторанного  
та туристичного бізнесу і іноземних мов  
Херсонський державний аграрно-економічний університет  
м. Херсон*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОГО ОБСЯГУ ПРОМИВКИ Р. ІНГУЛЕЦЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОЇ ЯКОСТІ ВОДИ В ІНГУЛЕЦЬКІЙ ЗРОШУВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ**

**Анотація.** Основними шляхами поліпшення якості поливної води та еколого-агротеліоративного стану ґрунтів Інгулецької

зрошувальної системи (ІЗС) є управління умовами формування якості поливної води та дотримання науково-обґрунтованого комплексу еколого-агримеліоративних заходів для збереження родючості ґрунтів. В сучасних умовах на Інгулецькій зрошувальній системі з 2011 р. застосовується принципово новий варіант формування якості поливної води – «Промивка р. Інгулець з Карачунівського водосховища у вегетаційний період». Кожен рік Державним агентством водних ресурсів України затверджується Регламент промивання русла на екологічне оздоровлення річки Інгулець. Нормування якості зрошувальної води полягає в обґрунтуванні для води Інгулецької зрошувальної системи сукупності гранично-допустимих значень показників її хімічного складу і властивостей, в межах яких забезпечується: збереження і підвищення родючості ґрунтів; попередження процесів вторинного засолення і осолонцювання ґрунтів, забезпечення планової (проектної) врожайності сільськогосподарських культур і необхідної якості сільськогосподарської продукції. Наукове обґрунтування необхідного обсягу промивки р. Інгулець для забезпечення нормативної якості води в Інгулецькій зрошувальній системі призначено для:

- установ, що належать до сфери управління Державного агентства водних ресурсів України;
- проектних організацій: розробки природоохоронних заходів, визначення об'ємів потрібної водоподачі, розподілу сезонної водоподачі на зрошуваний масив, техніко – економічного обґрунтування водозабезпеченості зрошувальних систем, що будуються або підлягають реконструкції;
- окремих господарств, землі – водокористувачів для визначення науково-обґрунтованих поливних і зрошувальних норм, витрат на природоохоронні заходи при використанні зрошуваних земель з різним еколого-меліоративним станом.

## Вступ

Територія Криворізького залізорудного басейну характеризується складними геологічними та гідрогеологічними умовами, які обумовлені складною тектонічною будовою родовищ, наявністю значних за площею та глибиною зон тріщинуватих та карстових порід, площинним розповсюдженням водоносних горизонтів, як в відкладах осадової товщі, так і в масиві кристалічних порід. Підземні води, які розповсюджені на площах окремих родовищ залізних руд

в регіональному масштабі, мають тісний зв'язок в межах всієї площі Криворізького залізорудного басейну.

Повернення підземних (шахтних) вод, що утворилися внаслідок видобутку залізної руди у Криворізькому басейні, з господарської ланки кругообігу води в природні ланки, здійснюється за допомогою технічних споруд і засобів, штучно створеного ставка – накопичувача шахтних вод у балці Свистунова, шляхом їх скиду у р. Інгулець.

Для випусків зворотних вод з оперативним регулюванням витрат умови скиду зворотних вод встановлюється у формі індивідуальних оперативних регламентів, з урахуванням вимог щодо якості води у водному об'єкті у контрольних створах нижче скиду зворотних вод.

Необхідність розробки щорічного індивідуального регламенту скиду обумовлена періодичним характером скиду надлишків зворотних вод (листопад – лютий), зміною обсягів скиду в залежності від водогосподарської ситуації на гірничорудних підприємствах, витрат та джерел для розбавлення зворотних вод, фактичної гідрологічної та гідрохімічної ситуації в басейні р. Інгулець.

Враховуючі той факт, що в Україні відсутні, затверджені у встановленому порядку, єдині правила, норми чи інструкції щодо порядку розроблення і затвердження індивідуальних регламентів скиду зворотних вод у водні об'єкти, дійсний регламент скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу, розроблений з урахуванням вимог і рекомендацій діючої нормативно – правової бази.

Дійсним індивідуальним регламентом передбачений порядок організації та проведення скиду надлишків зворотних вод з ставка – накопичувача в р. Інгулець, тривалість і витрати скиду зворотних вод, тривалість і витрати попусків води з Карачунівського водосховища в р. Інгулець для розбавлення зворотних вод під час їх скиду, використані розрахунки вмісту забруднюючих речовин в контрольних створах, які встановлюються на р. Інгулець під час здійснення скиду, наведена система контролю за дотриманням регламенту.

Об'єкт дослідження – науково – технічне обґрунтування необхідного обсягу промивки р. Інгулець для забезпечення нормативної якості води в Інгулецькій зрошувальній системі.

Мета дослідження – обґрунтувати необхідний обсяг промивки р. Інгулець для забезпечення нормативної якості води в Інгулецькій зрошувальній системі та формування стабільного

еколого-меліоративного стану зрошуваних земель за багаторічного зрошення

Відповідно до мети дослідження вирішувались завдання:

- науково-методологічне обґрунтування формування агропромислового еколого-меліоративного стану зрошуваних земель та спрямованості ґрунтових процесів за умов довготривалого зрошення водами підвищеної мінералізації;
- обґрунтування нормативно-правової бази щодо формування якості зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи;
- наукове обґрунтування оптимального обсягу промивки р. Інгулець.

Методи дослідження: польові спостереження, системний аналіз і системний підхід, синтез, гіпотеза, експеримент, індукція і дедукція, узагальнення та спеціальні методи досліджень: розрахунковий, порівняльно-розрахунковий.

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає у розробці науково – практичних положень, які дають змогу забезпечити ефективність впровадження індивідуального регламенту скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу в р. Інгулець.

### **1. Обґрунтування необхідності здійснення скиду надлишків зворотних вод**

Шахтні і кар'єрні води відкачується на поверхню з метою забезпечення можливості відпрацювання рудних покладів залізних руд.

Останні роки діючими гірничорудними підприємствами Кривбасу, а ті, що працюють в режимі гідрозахисту, щорічно, відкачують на поверхню до 40 млн м<sup>3</sup> підземних вод (шахтні, кар'єрні), серед яких 16–17 млн м<sup>3</sup> високомінеалізовані води.

Максимальні можливості з використання підземних вод у зворотних циклах гірничорудних підприємств Кривбасу граничать на рівні 28–30 млн м<sup>3</sup> на рік. Решта 11–12 млн м<sup>3</sup> надлишків зворотних вод щорічно акумулюються і тимчасово утримується в ставку – накопичувачу шахтних вод. Ємність ставка – накопичувача не дозволяє прийняти та закумулювати весь обсяг надлишків зворотних вод в межах рекомендованих рівня та обсягу акумуляції. Саме через переповнення ставка – накопичувача шахтних вод виникає реальна загроза настання надзвичайної ситуації (аварії) на ставку – накопичувачу, насосних станціях і трубопроводах загальної системи перекачки шахтних вод, шахтних водовідливих.

Інших вільних ємностей, придатних для тимчасової акумуляції шахтних вод, в Кривбасі не існує. За таких умов, в Кривбасі виникає ризик припинення відкачки підземних вод, і як наслідок, зупинки роботи гірничорудних підприємств з підземного видобутку залізорудної сировини.

В разі зупинки відкачки підземних вод в Кривбасі створюються умови для виникнення низки некерованих техногенних катастроф, пов'язаних з зупинкою та затопленням діючих шахт, з регіональним підняттям рівня високомінералізованих підземних вод, забрудненням верхніх водоносних горизонтів і поверхневих водоймищ, з масштабними зсувами порушеної земної поверхні. Виникнення такої надзвичайної ситуації призведе до порушення екологічної рівноваги на значній території та спричинить загрозу різними важливим сферам господарської діяльності та суспільного життя не лише у Кривбасі, а і за його межами.

З метою недопущення виникнення низки надзвичайних ситуацій і техногенних катастроф, у Кривбасі, так і за його межами, пов'язаних з відкачкою, використанням та тимчасовою акумуляцією значної кількості підземних вод, виникає необхідність у щорічному впровадженні заходів зі скиду надлишків зворотних вод в р. Інгулець. Нажаль, іншого, більш безпечного способу поводження з надлишками зворотних (шахтних вод), поки що не існує.

Періодичний дозований (регульований) скид надлишків вод, передбачений загальним проектом відводу, використання та скиду надлишків шахтних вод Кривбасу здійснюються у міжвегетаційний період (листопад-лютий), з розбавленням зворотних вод до рекомендованих норм якості води у контрольних створах, розташованих нижче місця скиду. Після скиду надлишків зворотних вод впроваджуються заходи з ліквідації наслідків скиду, шляхом виконання промивки русла річки Інгулець. Такий вид діяльності за певних умов є потенційно небезпечним для довкілля, оскільки при періодичному скиданні високомінералізованих надлишків зворотних вод неможливо дотриматися діючих норм якості води для поверхневих вод. Але цей захід є виправданим, тому що виконується виключно з метою недопущення виникнення більш серйозних та масштабних наслідків техногенного характеру.

За відсутності скиду надлишків зворотних вод зі ставка – накопичувача та припинення відкачки шахтних вод в Кривбасі, відбудеться затоплення підземного простору та значних запасів

залізних руд, у наслідок чого в регіоні відбудуться масштабні техногенні катастрофи.

## 2. Оцінка якості зрошувальної води інгулецької зрошувальної системи

### 2.1. Особливості формування гідрохімічного режиму зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу

На виконання пункту 2 розпорядження Кабінету Міністрів України (КМУ) від 28.12.2020 року № 1670-р “Про запобігання виникненню аварійної ситуації на ставку – накопичувачу, розташованому на території Криворізького району Дніпропетровської області”, на підставі гідрологічного прогнозу щодо весняної повені у 2021 році у басейні р. Інгулець, а також протоколу засідання Міжвідомчої комісії по узгодженню режимів водосховищ та водогосподарських систем р. Інгулець суббасейну нижнього Дніпра у 2021 році, Держводагентством України було затверджено “Регламент промивання русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець у 2021 році” [24; 25].

Діючим регламентом передбачалось здійснити промивання річки Інгулець (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

### План промивання р. Інгулець та фактичне промивання у 2021 році

Промивання р. Інгулець	
План	Факт
20 березня – поступове збільшення попусків до 20 м <sup>3</sup> /с;	20 березня – поступове збільшення попусків до 20 м <sup>3</sup> /с;
21 березня – 13 квітня – 20 м <sup>3</sup> /с;	21 березня – 13 квітня – 20 м <sup>3</sup> /с;
14-квітня-31 травня – 11 м <sup>3</sup> /с;	14 квітня-24травня-11м <sup>3</sup> /с; з 25 травня-9 м <sup>3</sup> /с
1 червня – 31 липня – 10 м <sup>3</sup> /с;	25 травня-15 липня- 9 м <sup>3</sup> /с; з 16 липня-5 м <sup>3</sup> /с
1 серпня – 12 вересня – 7 м <sup>3</sup> /с.	16 липня-16 серпня -5 м <sup>3</sup> /с; 17 серпня – закр
Загальний обсяг скиду з Карачунівського водосховища для промивання русла р. Інгулець становитиме 148 млн м <sup>3</sup>	127,4 млн м <sup>3</sup>

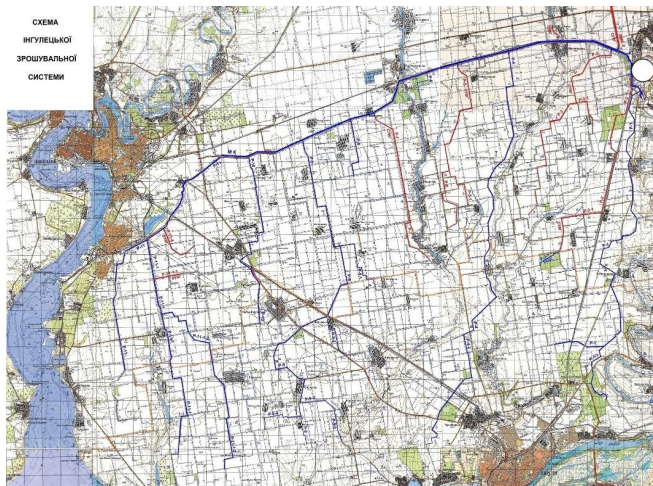
Закінчення таблиці 2.1

1	2
Екологічне оздоровлення р. Інгулець	
13 вересня – 20 жовтня – 3,5 м <sup>3</sup> /с.	не здійснювалося
Загальний обсяг для екологічного оздоровлення – 12 млн м <sup>3</sup> .	не здійснювалося
Загальна розрахункова потреба подачі води становитиме близько 160 млн м <sup>3</sup> .	127,4 млн м <sup>3</sup>

Для оцінки якості зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу була закладена моніторингова мережа спостережень:

- гідропост. Андріївка, для оцінки якості поверхневих води р. Інгулець;
- точка відбору проб води на пікеті 48 Інгулецького магістрального каналу, для оцінки якості зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу (рис. 2.1).

Динаміка хімічного складу зрошувальної води із Інгулецького магістрального каналу представлена в табл. 2.2.



- ○ точка відбору проб поверхневих вод на хімічний аналіз

**Рис. 2.1. Точка відбору зрошувальної води із Інгулецького магістрального каналу**

**Вміст хлоридів.** Згідно затверджено Регламенту концентрація хлоридів у поливній воді не повинна перевищувати 350 мг/дм<sup>3</sup>. За період досліджень вміст хлоридів і зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу коливався від 367 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 193 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.).

Середнє значення вмісту хлоридів у зрошувальній воді за період досліджень склало 263 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.2). Динаміка вмісту хлоридів (Cl<sup>-</sup>) та рівняння регресії у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у 2021 році представлена на рис. 2.2.

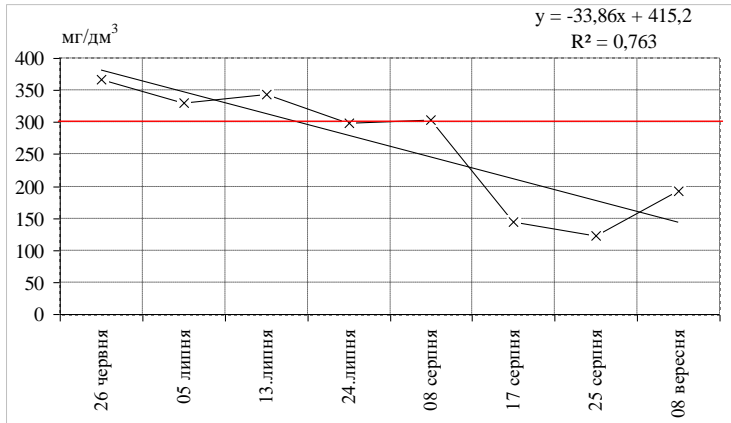
Зменшення вмісту хлоридів у зрошувальній воді у серпні – вересень пояснюється тим, що у другій половині серпня внаслідок сприятливих умов по руслу р. Інгулець до гирла ГНС «антирічкою» була підтягнута дніпровська вода. Але така ситуація не відбувається щорічно, це є окремий випадок. При цьому, для формування більш-менш задовільної якості води при застосуванні технології «антирічка» необхідна постійна цілодобова робота не менш ніж чотирьох агрегатів ГНС, але і це не забезпечить постійну стабільну задовільну якість води (Морозов В.В., Козленко Є.В., 2015).

Таблиця 2.2

**Динаміка хімічного складу зрошувальної води  
із Інгулецького магістрального каналу**

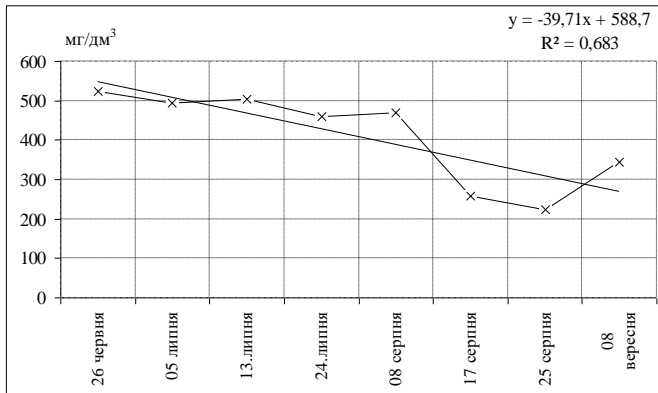
Дата відбору	рН	Аніонно-катионний склад						Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>
		Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		
26.06.2021	7,0	367	524	193	128	83	255	1550	13,0
05.07.2021	6,8	330	494	187	123	79	228	1440	6,8
13.07.2021	6,9	344	505	191	124	81	238	1480	6,9
24.07.2021	6,9	298	460	184	114	74	210	1340	12
08.08.2021	7,0	303	470	183	118	75	211	1360	13
17.08.2021	6,7	145	258	176	84	44	103	810	10,0
25.08.2021	6,5	123	225	191	79	40	92	750	9,0
08.09.2021	6,6	193	344	165	97	34	137	990	11,0
Середнє значення	6,8	263	410	184	108	64	184	1215	10,1





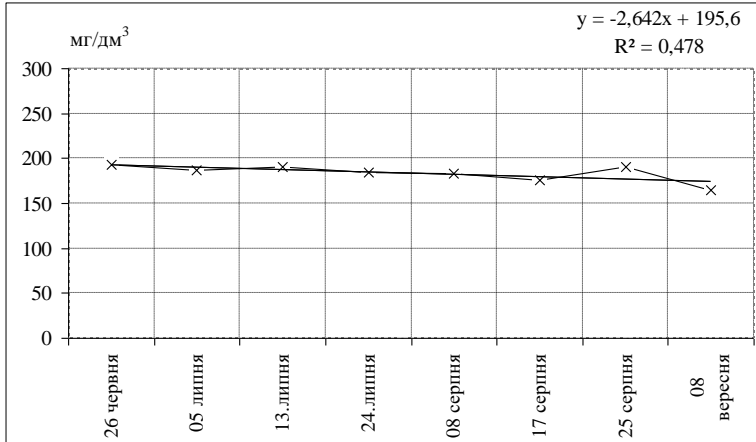
**Рис. 2.2.** Динаміка вмісту хлоридів (Cl<sup>-</sup>) у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу (2021 рік)

**Вміст сульфатів.** За період охоплений дослідженнями вміст сульфатів у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу коливався від 524 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 225 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 25.08.). Середнє значення вмісту сульфатів за період досліджень склало 410 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.2). Динаміка вмісту хлоридів (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у 2021 році представлена на рис. 2.3.



**Рис. 2.3.** Динаміка сульфатів (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) у зрошувальній воді Інгулецької зрошувальної системи (2021 рік)

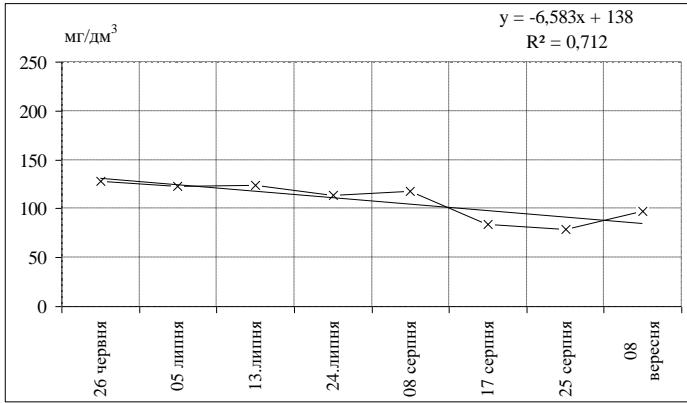
**Вміст гідрокарбонатів.** За період охоплений дослідженнями вміст гідрокарбонатів у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу коливався від 193 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 165 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 08.09.). Середнє значення вмісту гідрокарбонатів складало 184 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.1). Динаміка вмісту гідрокарбонатів (НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>) у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у 2021 році представлена на рис. 2.4.



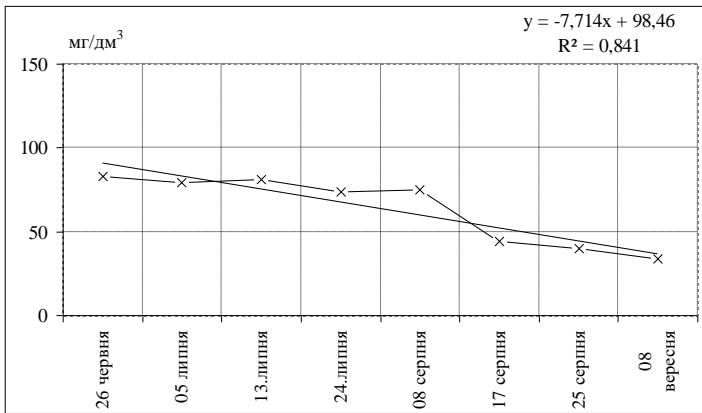
**Рис. 2.4.** Динаміка гідрокарбонатів (НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>) у зрошувальній воді Інгулецької зрошувальної системи (2021 рік)

**Вміст кальцію.** За період охоплений дослідженнями вміст кальцію у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу коливався від 128 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 79 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 25.08.). Середнє значення вмісту гідрокарбонатів складало 108 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.2). Динаміка вмісту іонів кальцію (Са<sup>2+</sup>) у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у поливному періоді 2021 року представлена на рис. 2.5.

**Вміст магнію.** За період охоплений дослідженнями вміст магнію у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу коливався від 83 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 79 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 25.08.). Середнє значення вмісту гідрокарбонатів складало 34 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.2). Динаміка вмісту іонів магнію (Mg<sup>2+</sup>) у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у поливному періоді 2021 року представлена на рис. 2.6.

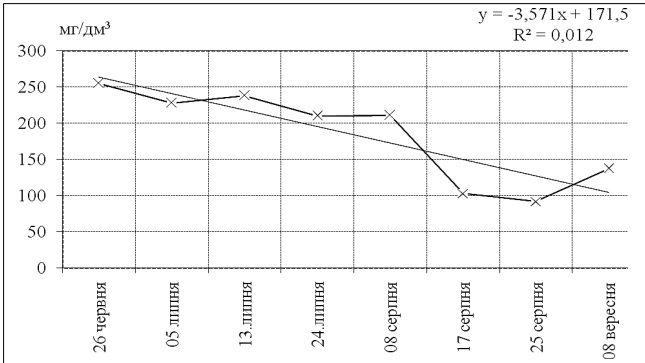


**Рис. 2.5. Динаміка кальцію (Ca<sup>2+</sup>) у зрошувальній воді Інгулецької зрошувальної системи (2021 рік)**



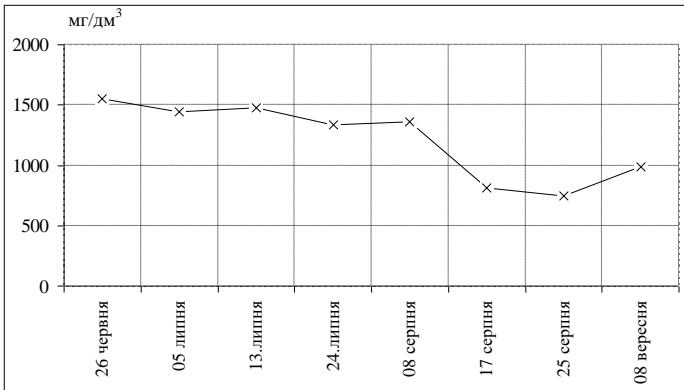
**Рис. 2.6. Динаміка магнію (Mg<sup>2+</sup>) у зрошувальній воді Інгулецької зрошувальної системи (2021 рік)**

**Вміст натрію і калію.** За період охоплений дослідженнями вміст іонів натрію і калію у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу коливався від 255 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 92 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 25.08.). Середнє значення вмісту гідрокарбонатів складало 184 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.2). Динаміка вмісту іонів натрію (Na<sup>+</sup>) і калію (K<sup>+</sup>) у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у поливному періоді 2021 року представлена на рис. 2.7.



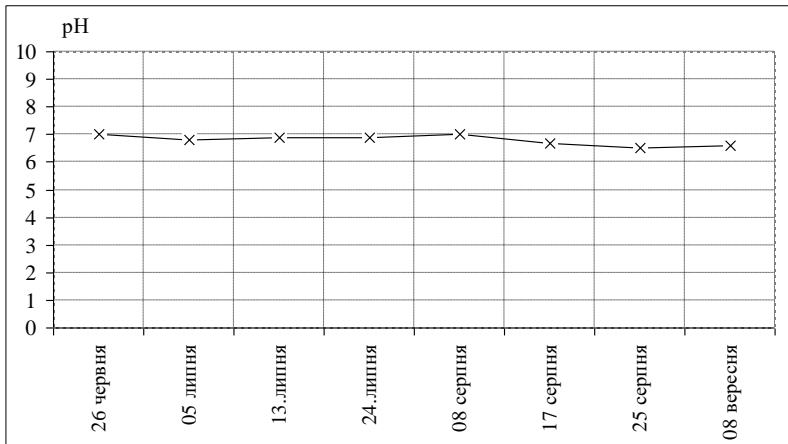
**Рис. 2.7. Динаміка натрію (Na<sup>+</sup>) і калію (K<sup>+</sup>) у зрошувальній воді Інгулецької зрошувальної системи (2021 рік).**

**Мінералізація зрошувальної води.** Мінералізація зрошувальних вод це сумарний вміст усіх виявлених при хімічному аналізі води мінеральних речовин. За період охоплений дослідженнями мінералізація зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу коливалася від 1550 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 750 мг/дм<sup>3</sup> (станом на 25.08.). Середня мінералізація зрошувальної води складала 1215 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.1). Динаміка зміни мінералізації у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у поливному періоді 2021 року представлена на рис. 2.8.



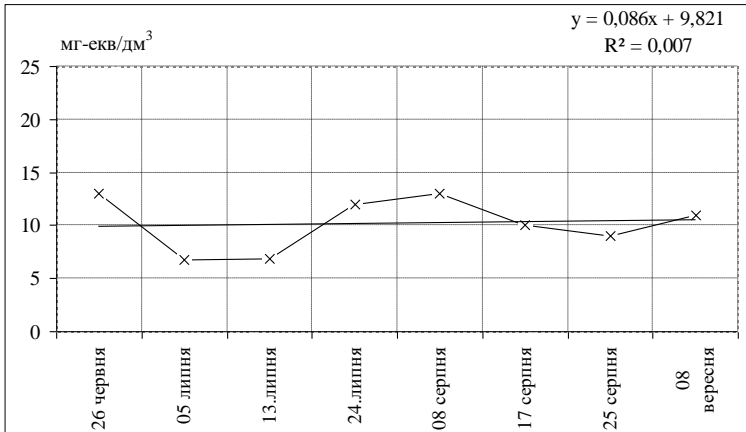
**Рис. 2.8. Динаміка мінералізації зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи (2021 рік)**

Водневий показник (рН). рН, це – величина, що показує міру активності іонів водню ( $H^+$ ) в розчині, тобто ступінь кислотності або лужності цього розчину. рН нейтрального водного розчину становить 7,0, розчини із більшим значенням водневого показника є лужними, із меншими – кислими. За період охоплений дослідженнями рН зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу коливався від 7,0 (станом на 26.06.) до 6,6 (станом на 25.08.). Середнє значення рН у зрошувальній воді складало 6,8 (табл. 2.2). Динаміка зміни рН у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у поливному періоді 2021 року представлена на рис. 2.9.



**Рис. 2.9. Динаміка рН зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи (2021 рік)**

**Загальна жорсткість води.** Жорсткість води – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній розчинених солей кальцію та магнію. За період охоплений дослідженнями жорсткість зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу коливався від 13,0 мг-екв/дм<sup>3</sup> (станом на 26.06.) до 6,8 мг-екв/дм<sup>3</sup> (станом на 05.07.). Середня жорсткість зрошувальної води складала 10,1 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.2). Динаміка зміни жорсткості у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу у поливному періоді 2021 року представлена на рис. 2.10.



**Рис. 2.10. Динаміка жорсткості у зрошувальній воді Інгулецького магістрального каналу (2021 рік)**

## **2.2 Оцінка якості зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи щодо екологічно безпечного зрошення**

На даний час в Україні критерії якості води для зрошення регламентуються кількома діючими нормативними документами, а саме: державним стандартом України «ДСТУ 2730:2015. Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії» (далі – ДСТУ 2730:2015) та Постановою Кабінету Міністрів України (КМУ) від 02.09.2020 № 766 «Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням» (далі – Постанова № 766).

В ДСТУ 2730:2015 при оцінці якості води враховуються основні типи зрошуваних ґрунтів, їх протисолонцювальна буферність та гранулометричний склад [1]. В Постанові № 766 застосовується єдиний критерій. При цьому в Постанові № 766 вказано на ДСТУ 2730:2015 як на один з нормативних документів із стандартизації, які використовуються для забезпечення належного застосування та дотримання нормативів екологічно безпечного зрошення та управління поливами [2].

Згідно ДСТУ 2730:2015 під час оцінювання якості зрошувальної води виділяють три класи її придатності:

- I клас – придатна для зрошення без обмежень;

– воду II класу використовують для зрошення за умови обов'язкового застосування комплексу заходів щодо запобігання деградації ґрунтів або поліпшення якості води до показників I класу;

– вода III класу – показники якої виходять за межі значень, що встановлені для води II класу, непридатна для зрошення без попереднього поліпшення її складу [1].

Постановою КМУ № 766 встановлено три види нормативів екологічно безпечного зрошення та управління поливами: полив безпечний; полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів; полив заборонено [2].

За результатами моніторингових досліджень визначено гідрохімічний склад зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи (рис. 2.1, табл. 2.2). Виконано комплексну, порівняльну оцінку якості поливної води Інгулецької зрошувальної системи за агрономічними критеріями згідно ДСТУ 2730:2015 та згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 766 за період з 26 червня по 8 вересня 2021 року (табл. 2.3–2.5).

**За небезпекою іригаційного засолення ґрунту** в умовах Інгулецької зрошувальної системи якість води визначається за концентрацією суми токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів. Згідно «ДСТУ 2730:2015. Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії» – вода I класу (придатна для зрошення без обмежень) для середньосуглинкових (менше ніж 18 мекв/дм<sup>3</sup>) та важко-суглинкових ґрунтів (менше ніж 14 мекв/дм<sup>3</sup>); II (від 10 до 20 мекв/дм<sup>3</sup>) та I (менше ніж 10 мекв/дм<sup>3</sup>) класу для глинистих ґрунтів.

Згідно Постанови КМУ № 766 за концентрацією токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів у зрошувальній воді – менше 14 мекв/дм<sup>3</sup> – полив безпечний, але з урахуванням II класу якості за агрономічними критеріями – полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів (табл. 2.3).

**За небезпекою підлуження ґрунту**, яку оцінюють за водневим показником (рН), токсичною лужністю та лужністю від нормальних карбонатів, згідно ДСТУ 2730:2015 – вода відноситься до I класу (придатна для зрошення без обмежень).

Згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 766 (кислотність зрошувальних вод, рН – менше 8,0; вміст аніону CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> у зрошувальній воді – відсутній та з урахуванням I класу води за агрономічними критеріями) – полив безпечний (табл. 2.4).

Таблиця 2.3  
 Оцінювання якості зрошувальної води Інгупецької зрошувальної системи  
 за безпекою іригаційного засолення ґрунту (2021 р.)

Дати	За ДСТУ 2730:2015						Згідно Постанови КМУ № 766	
	ґрупи ґрунтів БС за їх гранулометричним складом у шарі 0–100 см							
	середньо-суглинковий		важко-суглинковий		глинистий			
	концентрація токсичних іонів в еквівалентах хлорид-іонів, мекв/дм <sup>3</sup>	клас якості води	концентрація токсичних іонів в еквівалентах хлорид-іонів, мекв/дм <sup>3</sup>	клас якості води	концентрація токсичних іонів в еквівалентах хлорид-іонів, мекв/дм <sup>3</sup>	клас якості води	концентрація токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів в зрошувальній воді, мекв/дм <sup>3</sup>	норматив
26.06.2021	12,4	I	12,4	I	12,4	II	12,4	полів можливий за умови застосування відновлювальних заходів
05.07.2021	11,3	I	11,3	I	11,3	II	11,3	
13.07.2021	11,7	I	11,7	I	11,7	II	11,7	полів безпечний
24.07.2021	10,27	I	10,27	I	10,27	II	10,27	
08.08.2021	10,4	I	10,4	I	10,4	II	10,4	полів безпечний
17.08.2021	5,36	I	5,36	I	5,36	I	5,36	
25.08.2021	4,75	I	4,75	I	4,75	I	4,75	полів безпечний
08.09.2021	6,87	I	6,87	I	6,87	I	6,87	
Середнє	9,13	I	9,13	I	9,13	I	9,13	полів безпечний



Таблиця 2.4

**Оцінка якості зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи за безпекою підлучення ґрунту (2021 р.)**

Дати	За ДСТУ 2730:2015				Згідно Постанови КМУ № 766	
	рН	CO <sup>-2</sup> <sub>3</sub> ,	НСО <sup>-3</sup> <sub>3</sub> - , -Ca <sup>2+</sup> ,	Клас якості води	рН води	Норматив
26.06.2021	7,0	-	1,41	I	7,0	полив безпечний
05.07.2021	6,8	-	1,31	I	6,8	полив безпечний
13.07.2021	6,9	-	1,38	I	6,9	полив безпечний
24.07.2021	6,9	-	1,27	I	6,9	полив безпечний
08.08.2021	7,0	-	1,25	I	7,0	полив безпечний
17.08.2021	6,7	-	1,13	I	6,7	полив безпечний
25.08.2021	6,5	-	1,38	I	6,5	полив безпечний
08.09.2021	6,6	-	0,95	I	6,6	полив безпечний
Середнє	6,8	-	1,26	I	6,8	полив безпечний

**За безпекою осолонцювання ґрунту** – якість води визначається за співвідношенням у відсотках суми лужних катіонів натрію і калію до суми всіх катіонів – згідно ДСТУ 2730:2015 – вода I класу для темно-каштанових і каштанових суглинкових середньо- і високобуферних ґрунтів (співвідношення менше ніж 70% при I класі води за безпекою підлучення). Вода I класу для чорноземних ґрунтів суглинкових середньо- і високобуферних (співвідношення менше ніж 50% при I класі води за безпекою підлучення). Для чорноземних ґрунтів глинистих середньо- і високобуферних – у червні -вода III класу (співвідношення понад 45% при I класі води за безпекою підлучення), тобто вода непридатна для зрошення без попереднього поліпшення її складу; у липні та на початку серпня – вода II класу (співвідношення від 40 до 45 % при I класі води за безпекою підлучення), тобто вода обмежено придатна, використовують за умови обов'язкового застосування комплексу заходів щодо запобігання деградації ґрунтів; з середини серпня та у вересні – вода I класу (співвідношення менше ніж 40 при I класі води за безпекою підлучення), тобто вода придатна для зрошення.

Згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 766 відповідний показник – вміст лужних катіонів натрію і калію у зрошувальній воді (відсотків суми катіонів) в переважній більшості менше 45, але з урахуванням якості води за агрономічними показниками: у червні – полив заборонено, у липні та на початку серпня – полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів, з середини серпня та у вересні – полив безпечний (табл. 2.5).

**За небезпекою токсичного впливу води на рослини** за поливів дощуванням якість оцінюють з урахуванням водневого показника рН, вмістом лужності від нормальних карбонатів, вмістом аніонів хлору та токсичних іонів, еквівалентів хлору. Згідно ДСТУ 2730:2015 – вода II класу (карбонати відсутні, вміст токсичних іонів, еквівалентів хлору менше ніж 15, рН від 6,5 до 7,5, але вміст аніонів хлору від 3,0 до 15,0).

Згідно Постанови КМУ № 766 – згідно відповідних показників та з урахуванням II класу води за агрономічними критеріями – полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів (табл. 2.6).

До відновлювальних профілактичних агро меліоративних заходів відносяться: покращення якості води і корегування режимів зрошення, внесення кальцієвмісних меліорантів (гіпс, фосфогіпс, дроблений вапняк, дефекат) та нормативних доз органічних добрив, введення у сівозміни багаторічних трав та сидератів.

### 2.3. Модель формування якості зрошувальної води

З метою виявлення особливостей і закономірностей формування гідрохімічного складу зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу у 2021 році виконано кореляційний і регресійний аналізи даних (табл.2.2). Кореляційно-регресійним аналізом встановлено, що сильний функціональний зв'язок між мінералізацією зрошувальної води та іонами хлору ( $r = 0,99$ ), та сульфат іонами ( $r = 0,99$ ); слабкий – між мінералізацією зрошувальної води та гідрокарбонат іонами ( $r = 0,47$ ).

В міру підвищення мінералізації зрошувальної води пропорційно зростає вміст іонів хлору та сульфат-іонів, гідрокарбонат-іони відіграють другорядну роль у формуванні гідрохімічного складу зрошувальної води ІМК. Рівняння регресії, коефіцієнти кореляції приведені на рис. 2.11.

Для запобігання перевищення іонів хлору 350 мг-екв /дм<sup>3</sup> та сульфат іонів 500 мг-екв /дм<sup>3</sup>. мінералізація зрошувальної води не повинна перевищувати 1500 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 2.5  
**Оцінка якості зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи за небезпекою осолодцювання ґрунту (2021 р.)**

Дати	За ДСТУ 2730:2015						Згідно Постанови КМУ № 766	
	Темно-каштанові і каштанові суглинкові, середньо-високобуферні ґрунти		Черноземні ґрунти суглинкові середньо-високобуферні		Черноземні ґрунти глинисті середньо-високобуферні		Вміст лужних катіонів натрію і калію у воді, відсотків суми катіонів	Норматив
	Співвідношення суми лужних катіонів натрію і калію до суми всіх катіонів, %	Клас якості води	Співвідношення суми лужних катіонів натрію і калію до суми всіх катіонів, %	Клас якості води	Співвідношення суми лужних катіонів натрію і калію до суми всіх катіонів, %	Клас якості води		
26.06.2021	45,14	I	45,14	I	45,14	III	45,14	полів заборонено
05.07.2021	43,97	I	43,97	I	43,97	II	43,97	полів можливий за умови застосування відновлювальних заходів
13.07.2021	44,61	I	44,61	I	44,61	II	44,61	
24.07.2021	43,68	I	43,68	I	43,68	II	43,68	
08.08.2021	43,22	I	43,22	I	43,22	II	43,22	
17.08.2021	36,45	I	36,45	I	36,45	I	36,45	полів безпечний
25.08.2021	35,62	I	35,62	I	35,62	I	35,62	полів безпечний
08.09.2021	39,09	I	39,09	I	39,09	I	39,09	полів безпечний
Середнє	41,47	I	41,47	I	41,47	II	41,47	полів можливий за умови застосування відновлювальних заходів

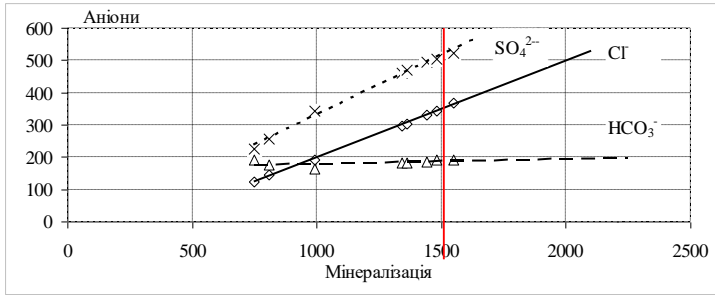
Таблиця 2.6

**Оцінка якості зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи за небезпекою її токсичного впливу на рослини за поливів дощуванням (2021 р.)**

Дати	За ДСТУ 2730:2015					Згідно Постанови КМУ № 766
	рН	CO <sup>2+</sup> <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	Токсичні іони, еквівалентів Cl <sup>-</sup>	Клас якості води	
		мекв/дм <sup>3</sup>				
26.06.2021	7,0	-	10,35	12,4	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
05.07.2021	6,8	-	9,31	11,3	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
13.07.2021	6,9	-	9,7	11,7	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
24.07.2021	6,9	-	8,41	10,27	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
08.08.2021	7,0	-	8,55	10,4	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
17.08.2021	6,7	-	4,09	5,36	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
25.08.2021	6,5	-	3,47	4,75	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
08.09.2021	6,6	-	5,44	6,87	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів
Середнє	6,8	-	7,42	9,13	II	полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів

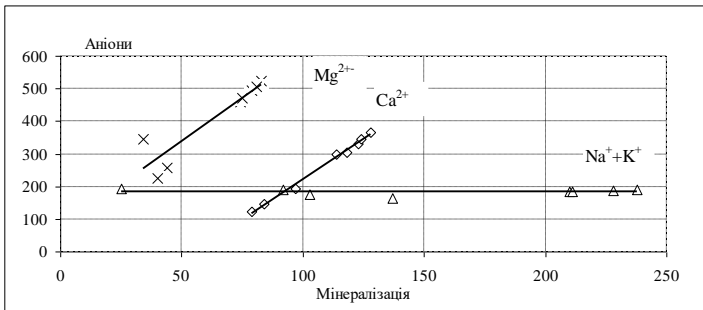
Кореляційно-регресійним аналізом встановлено сильний функціональний зв'язок між мінералізацією зрошувальної води та іонами кальцію ( $r = 0,92$ ) та іонами магнію ( $r = 99$ ); слабкий – між мінералізацією зрошувальної води та іонами натрію і калію ( $r = 0,02$ ).

В міру підвищення мінералізації зрошувальної води пропорційно буде зростати вміст іонів магнію та кальцію, іони натрію та кальцію відіграють другорядну роль у формуванні гідрохімічного складу зрошувальної води ІМК. Рівняння регресії, коефіцієнти кореляції приведені на рис. 2.12.



Аніони	Рівняння регресії	Коефіцієнт детермінації	Коефіцієнт кореляції
Cl <sup>-</sup>	$Y = 0,3x - 101,65$	$R^2 = 0,9992$	$r = 0,99$
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$Y = 0,3706x - 40,292$	$R^2 = 0,9935$	$r = 0,99$
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$Y = 0,0138x + 167,70$	$R^2 = 0,2171$	$r = 0,47$

**Рис. 2.11. Залежність мінералізації та аніонного складу зрошувальної води Інгuleцької зрошувальної системи (2021 рік)**



Аніони	Рівняння регресії	Коефіцієнт детермінації	Коефіцієнт кореляції
Mg <sup>2+</sup>	$Y = 5,2704x + 74,012$	$R^2 = 0,8521$	$r = 0,92$
Ca <sup>2+</sup>	$Y = 4,9546x - 274,08$	$R^2 = 0,9933$	$r = 0,99$
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	$Y = -0,0026x + 184,15$	$R^2 = 0,0004$	$r = 0,02$

**Рис. 2.12. Залежність мінералізації та катіонного складу зрошувальної води Інгuleцької зрошувальної системи (2021 рік)**

Використовуючи графіки, приведені на рис. 2.11, 2.12 по мінералізації поверхневих вод, визначеної за допомогою експрес-аналізу (наприклад, солеміру), можливо оперативно визначати хімічний склад поверхневих вод.

В умовах Регламенту промивання русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець у 2021 році виявлено особливості і закономірності формування вмісту хлоридів у поверхневих водах р. Інгулець залежно від витрат води (рис. 2.13).

Виконано кореляційний і регресійний аналізи даних. Встановлено сильний функціональний зв'язок між вмістом хлоридів у поверхневих водах р. Інгулець та витратами води (коефіцієнт кореляції ( $r$ ) 0,85, коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) 0,728).

В міру збільшення витрат води із каналу пропорційно зменшується вміст іонів хлору. Для запобігання перевищення іонів хлору більше 350 мг-екв/дм<sup>3</sup> витрати води із каналу повинні бути не менш 9,0 м<sup>3</sup>/с.

Дослідженнями встановлено динаміка і закономірності формування жорсткості води у поверхневих водах р. Інгулець залежно від витрат води (рис. 2.15).

Виконано кореляційний і регресійний аналізи даних. Встановлено сильний функціональний зв'язок між жорсткістю води в р. Інгулець та витратами води (коефіцієнт кореляції ( $r$ ) 0,78, коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) 0,6168).

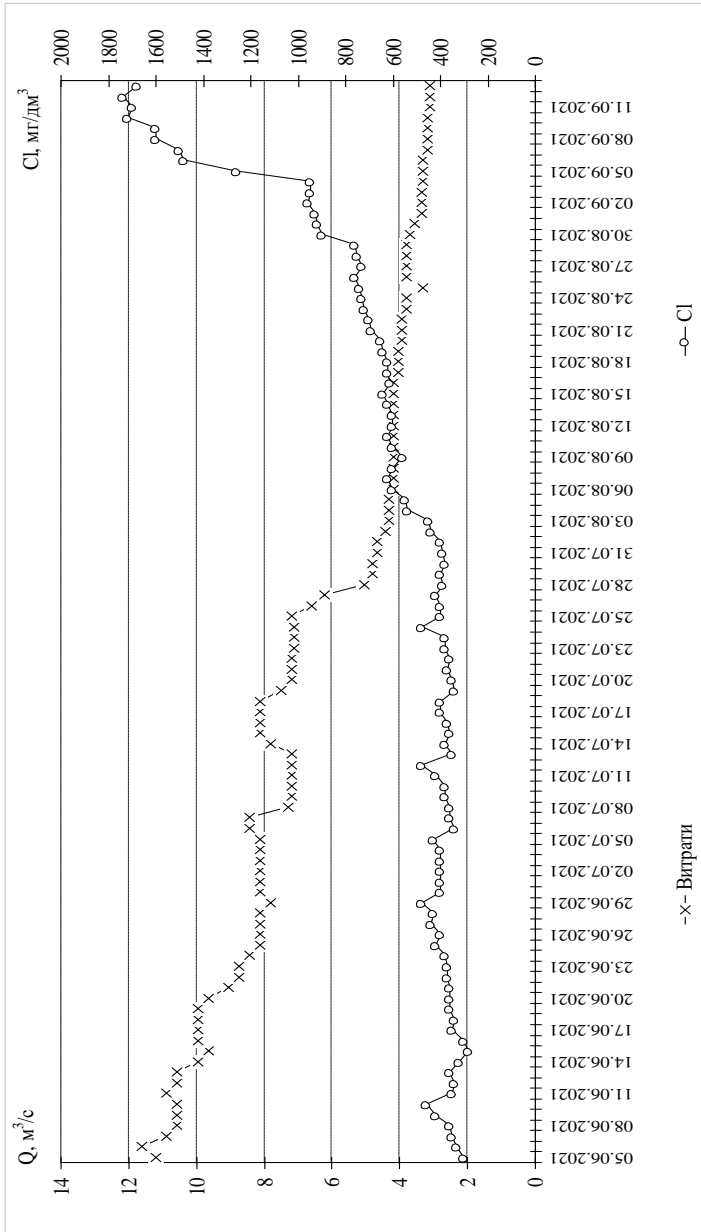
В міру збільшення витрат води із каналу пропорційно зменшується вміст іонів хлору. Для формування допустимої жорсткості води витрати води із каналу повинні бути не менше 9,0–10,0 м<sup>3</sup>/с (рис. 2.15, 2.16).

Добова динаміка хлоридів в р. Інгулець та Інгулецькому магістральному каналі представлена на рис. 2.17.

Зменшення вмісту хлоридів у зрошувальній воді у серпні – вересень пояснюється тим, що у другій половині серпня внаслідок сприятливих умов по руслу р. Інгулець до гирла ГНС «антирічкою» була підтягнута дніпровська вода. Але така ситуація не відбувається щорічно, це є окремий випадок. При цьому, для формування більш-менш задовільної якості води при застосуванні технології «антирічка» необхідна постійна цілодобова робота не менш ніж чотирьох агрегатів ГНС, але і це не забезпечить постійну стабільну задовільну якість води (Морозов В.В., Козленко Є.В., 2015).

### **3. Багаторічна модель формування якості води Інгулецької зрошувальної системи за агрономічними критеріями згідно ДСТУ 2730:2015**

З 2011 року по нинішній час на Інгулецькій зрошувальній системі застосовується варіант формування якості води «Промивка зверху на весь поливний період».



**Рис. 2.13. Добова динаміка витрат води та вмісту хлоридів у поверхневих водах р. Інгулець (гідропост. Андріївка, 2021 р.)**

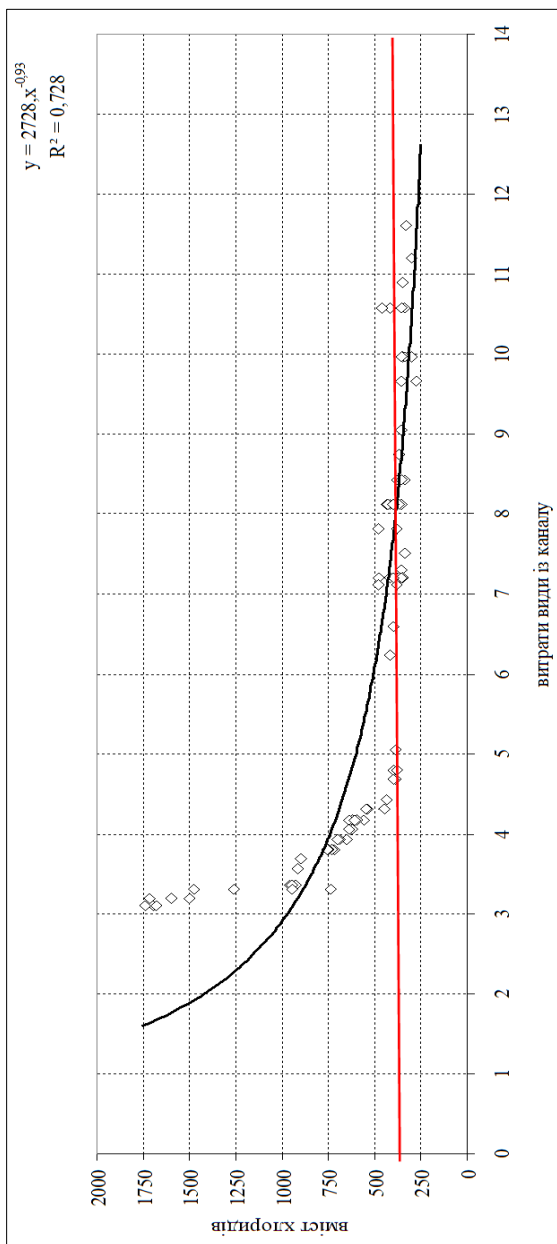
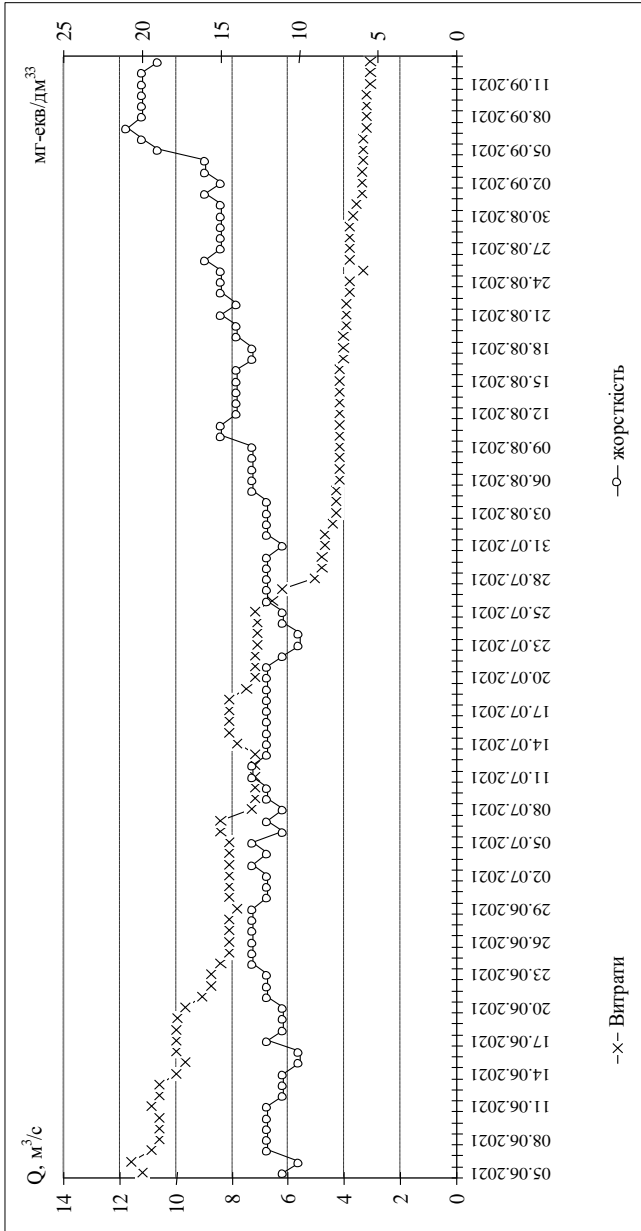


Рис. 2.14. Залежність вмісту хлоридів від витрат води р. Інгулець (гідропост Андріївка, 2021 р.)





**Рис. 2.15. Додаткова динаміка витрати води та жорсткості води р. Інгулець (гідропост. Андріївка, 2021 р.)**

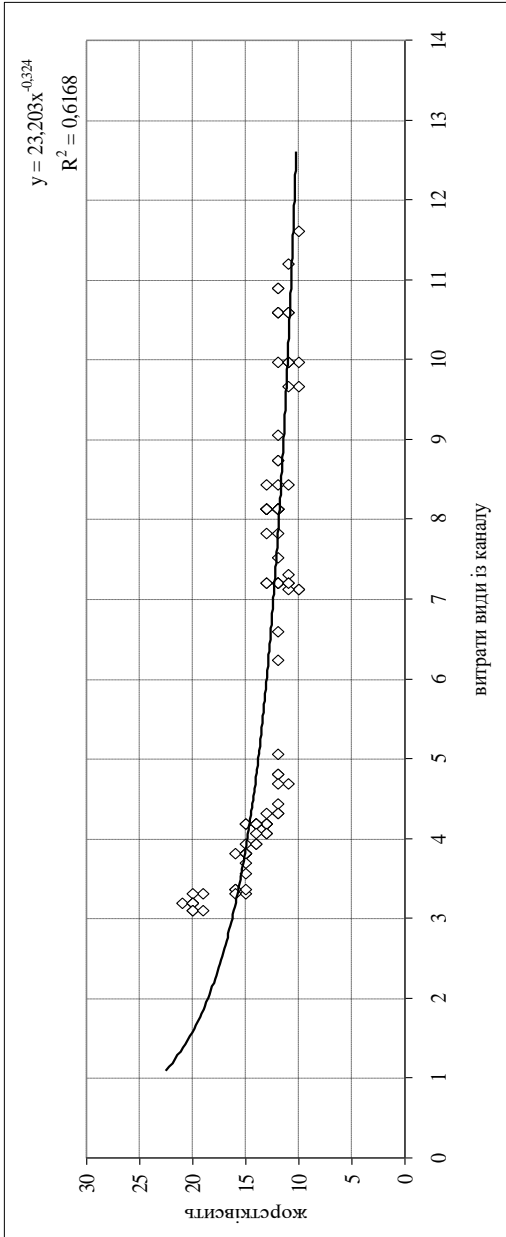


Рис. 2.16. Залежність жорсткості води від витрат води у р. Інгулець (гідропост. Андріївка, 2021 р.)

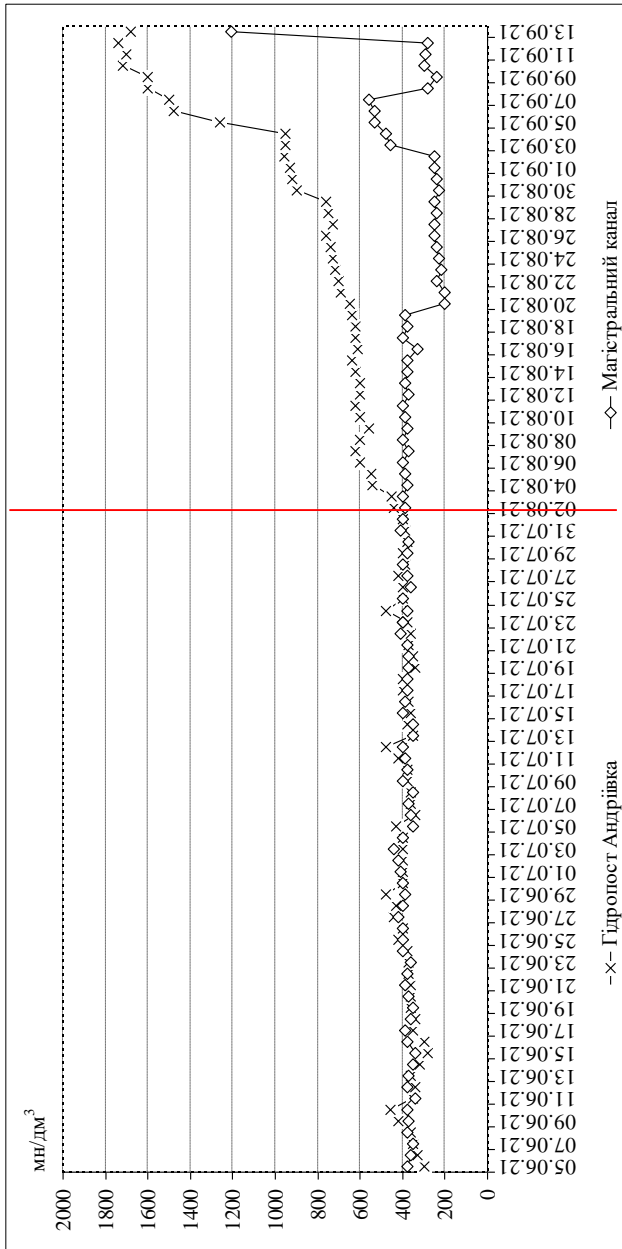


Рис. 2.17. Добова динаміка хлоридів в р. Інгулець та Інгулецькому магістральному каналі

Сутність його полягає в тому, що задовільна для зрошення якість води формується в джерелі зрошення – річці Інгулець шляхом здійснення постійних попусків води з Карачунівського водосховища з квітня по серпень витратами 20,0–9,0 м<sup>3</sup>/с загальним обсягом не менш ніж 120 млн м<sup>3</sup> [29]. Карачунівське водосховище поповнюється дніпровською водою з Кременчуцького водосховища за допомогою каналу Дніпро-Інгулець (рис. 3.1).

Режим подачі води з Карачунівського водосховища визначається відповідним Регламентом, який у 2011–2018 роках мав назву: «Регламент промивки русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець, поліпшення якості води у Карачунівському водосховищі та на водозаборі Інгулецької зрошувальної системи» [34]. У 2019–2021 рр. назва змінилася – «Регламент промивання русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець» (далі – Регламент) [35].

Регламент розробляється щорічно і, після обговорення на відповідній міжвідомчій нараді, затверджується Держводагентством України.

Якість води на ІЗС формується за новим варіантом вже дванадцятий рік поспіль (з 2011 року по сей час). За час в Регламенті, який складається та затверджується щорічно, відбувалися деякі зміни.

В Регламенті 2013 року режим подачі води з Карачунівського водосховища був прописаний з можливістю оперативного регулювання витрат (15–30 квітня – 20 м<sup>3</sup>/с; 1–31 травня – 11–15 м<sup>3</sup>/с; 1 червня–10 серпня – 9–12 м<sup>3</sup>/с) із загальним обсягом 120 млн. м<sup>3</sup>.

В регламентах 2014–2015 років вже цього не було. Витрати попусків з Карачунівського водосховища вже були чітко прописані без можливості оперативного їх регулювання: 6–10 квітня – 4–8 травня – 20 м<sup>3</sup>/с; 5–7 травня – 27–30 червня – 10 м<sup>3</sup>/с; 28 червня–1 липня – 7–10 серпня – 9 (8) м<sup>3</sup>/с із загальним обсягом 125–125,5 млн. м<sup>3</sup> (табл. 3.1).

У 2016–2018 роках в Регламентах було прописано, що режим подачі води з Карачунівського водосховища (після завершення скиду промивними витратами 20 м<sup>3</sup>/с) може коригуватися залежно від режиму роботи Інгулецької зрошувальної системи, виходячи із необхідності забезпечення нормативної якості води у створі Інгулецької головної насосної станції (ГНС), у межах загального обсягу скиду. Зазначена умова є дуже актуальною, тому що надає можливість оперативно корегувати ситуацію у разі погіршення якості води, що може відбуватися за різних причин та має місце майже кожен рік.



⊗ - створи відбору води для хімічного аналізу

**Рис. 3.1.** Схема розташування основних водогосподарських об'єктів, які задіяні у формуванні якості води в Інгулецькому магістральному каналі

В Регламенті 2019 року визначено режим витрат з Карачунівського водосховища: 1–4 квітня – 20 м<sup>3</sup>/с; 25 квітня–23 травня – 14 м<sup>3</sup>/с; 24 травня–1 липня – 12 м<sup>3</sup>/с; 2 липня–12 серпня – 11 м<sup>3</sup>/с; 13 серпня–12 вересня – 9 м<sup>3</sup>/с; 13 вересня – 18 жовтня – 5 м<sup>3</sup>/с. Регламентом встановлено, що концентрація хлоридів у воді річки Інгулець (по контрольному створу – гідропосту Андріївка) у період з 25 квітня по 18 жовтня не повинна перевищувати 350 мг/дм<sup>3</sup>. Виконання зазначеної умови покладено на ДПП «Кривбас-промводопостачання», яке повинно у разі збільшення вмісту хлоридів у воді річки Інгулець (гідропост Андріївка) вище 350 мг/дм<sup>3</sup> забезпечити скиди з Карачунівського водосховища за рахунок власних резервів. Підтримка стабільної нормативної якості води в річці Інгулець є, безумовно, правильною вимогою, але виконання її зазначеним шляхом не є реальним, що отримало підтвердження на практиці.

В Регламенті 2020 року визначено режим витрат з Карачунівського вдсх. (1–24 квітня – 20 м<sup>3</sup>/с; 25 квітня–11 вересня – 11 м<sup>3</sup>/с; 12 вересня–4 жовтня – 9 м<sup>3</sup>/с; 5 жовтня–8 листопада – 5 м<sup>3</sup>/с) та зазначено, що концентрація хлоридів у створі гідропосту Андріївка станом на 2 квітня не повинна перевищувати 350 мг/дм<sup>3</sup>. Обсяг для промивання – 190 млн. м<sup>3</sup>; для оздоровлення – 15 млн м<sup>3</sup>; загальний обсяг – 205 млн м<sup>3</sup>. Тобто, вже в самому Регламенті не зафіксовано якою повинна бути якість води та не передбачено шляхів до покращення ситуації у разі погіршення якості (шляхом збільшення витрат з Карачунівського водосховища), як це було визначено в Регламентах попередніх років.

В Регламенті 2021 року визначено режим витрат з Карачунівського вдсх. (20 березня–13 квітня – 20 м<sup>3</sup>/с; 14 квітня – 31 травня – 11 м<sup>3</sup>/с; 1 червня–31 липня – 10 м<sup>3</sup>/с; 1 серпня – 12 вересня – 7 м<sup>3</sup>/с; 13 вересня–20 жовтня – 3,5 м<sup>3</sup>/с) та зазначено, що концентрація хлоридів у створі гідропосту Андріївка станом на 1 квітня не повинна перевищувати 350 мг/дм<sup>3</sup>. Обсяг для промивання – 148 млн м<sup>3</sup>; для оздоровлення – 12 млн м<sup>3</sup>; загальний обсяг – 160 млн м<sup>3</sup>. Так як і в Регламенті 2020 року, не зафіксовано якою повинна бути якість води та не передбачено шляхів до покращення ситуації у разі погіршення якості (шляхом збільшення витрат з Карачунівського водосховища), як це було визначено в Регламентах попередніх років.

Таблиця 3.1

**Дослідження формування якості води на Інгулецькій зрошувальній системі за 2011–2021 рр.**

Роки	Обсяг скидання надлишків зворотніх вод з балки Свистунова, млн м <sup>3</sup>	Початок промивки	Добігання промивної води до створу ГНС	Пуск ГНС	Закінчення промивки	Період проведення промивки, діб	Обсяг промивної води, млн м <sup>3</sup>	Добігання “ солоні” води до ГНС (слідом за промивною)	Зулинка ГНС
2011	10,2	17.04.	30.04.	01.05.	15.08.	120	130	25.09.	23.09.
2012	10,2	11.04.	24.04.	25.04.	05.08.	116	120	05.09.	17.09.
2013	10,2	15.04.	30.04.	30.04.	14.08.	121	119	04.09.	03.10.
2014	10,1	08.04.	21.04.	21.04.	13.08.	127	128	29.08.	26.09.
2015	10,2	06.04.	21.04.	27.04.	12.08.	128	125	05.09.	27.10.
2016	9,8	05.04.	19.04.	21.04.	11.08.	128	143	05.09.	13.10.
2017	9,6	05.04.	19.04.	24.04.	06.08.	123	121	07.10.	23.10.
2018	4,7	05.04.	19.04.	23.04.	06.08.	123	129	20.08.	16.10.
2019	4,7	01.04.	16.04.	19.04.	10.08.	131	143	02.09.	10.10.
2020	4,2	06.04.	30.04.	18.04.	15.09.	162	147	13.08.	22.10.
2021	6,3	20.03.	06.04.	14.04.	17.08.	150	127	13.09.	–

Виходячи з аналізу Регламентів за 2011–2021 роки слід зробити висновок, що, в Регламенті слід обов’язково передбачати реальну можливість оперативного регулювання витрат попусків з Карачунівського вдсх. у випадку погіршення якості води по гідропосту Андріївка, виходячи із необхідності забезпечення нормативної якості води у створі Інгулецької ГНС; або вказувати граничну концентрацію хлоридів у воді р. Інгулець (350 мг/дм<sup>3</sup>) впродовж всього поливного періоду та чітко визначати реальний механізм виконання та контролю за виконанням зазначеної вимоги.

Гідропост Андріївка – стаціонарний гідропост Регіонального офісу водних ресурсів у Дніпропетровській області, який має оптимальне розташування з точки зору спостереження за здійсненням скиду шахтних вод з балки Свистунова та проведення промивки (екологічного оздоровлення) р. Інгулець шляхом здійснення попусків

з Карачунівського вдсх., тому що розташований в 48 км нижче Карачунівського вдсх (по руслу річки Інгулець), нижче скиду балки Свистунова та 182 км вище створу Інгулецької ГНС. Гідропост обладнаний для визначення витрат води, лаборантом здійснюється відбір проб води для визначення вмісту хлоридів. Спостереження здійснюються щоденно впродовж року.

Виконано дослідження якості води за вмістом хлоридів по гідропосту Андріївка. На рис. 3.2 відображено динаміку вмісту хлоридів у воді річки Інгулець по гідропосту Андріївка за 2011–2021 роки. Аналізуючи графіки, чітко простежується майже у всі роки більш краща якість води у початковий період проведення промивки, коли витрати попусків з Карачунівського вдсх. складають 20 м<sup>3</sup>/с, в подальшому із зменшенням витрат відповідно погіршується якість води. Але, в 2011–2017 роки якість води за вмістом хлоридів впродовж майже всього періоду проведення промивки залишається в межах до 350 мг/дм<sup>3</sup>, лише інколи виходячи за вказану межу. У період 2018–2021 років ситуація погіршується.

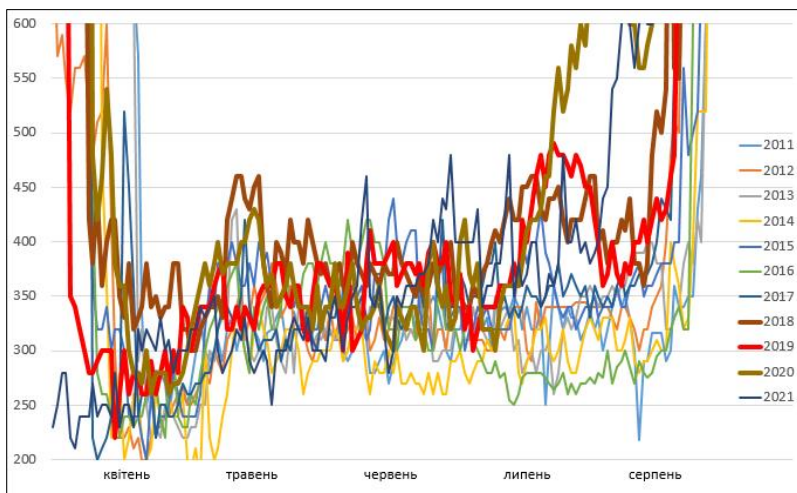
В результаті досліджень визначено відсоток діб, у які вміст хлоридів у воді річки Інгулець перевищував значення 350 мг/дм<sup>3</sup>; 400 мг/дм<sup>3</sup>; 450 мг/дм<sup>3</sup>; 500 мг/дм<sup>3</sup> (з урахуванням термінів початку та закінчення промивок та з урахуванням термінів добігання води з Карачунівського вдсх. до гідропоста Андріївка). Відсоткове середньорічне співвідношення діб, у які якість води за вмістом хлоридів перевищує 350 мг/дм<sup>3</sup> у 2018–2021 роки складає 66,20 %, у 2011–2017 рр. – 17,37 %; вище 400 мг/дм<sup>3</sup> відповідно 35,96 та 2,86 %; вище 450 мг/дм<sup>3</sup> відповідно 23,02 та 0,88 %; вище 500 мг/дм<sup>3</sup> відповідно 17,62 та 0,55 % (табл. 3.2).

Тобто, у 2018–2021 роках спостерігається значне погіршення якості води річки Інгулець по гідропосту Андріївка, а відповідно, і в Інгулецькому магістральному каналі у порівнянні із 2013–2017 роками.

Як наслідок, здійснення поливів високомінералізованою водою призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур, відбуваються процеси деградації ґрунтів, їх вторинне засолення та осолонцювання [3].

Дослідження показали, що на практиці Регламенти останніх років (2018–2021рр.) повністю не виконуються. Цей факт є головною причиною погіршення іригаційних показників якості води в річці Інгулець, а відповідно, і в Інгулецькому магістральному каналі.





**Рисунок 3.2. Графіки динаміки вмісту хлоридів у воді р. Інгулець по гідропосту Андріївка**

Таблиця 3.2

**Аналіз вмісту хлоридів у воді р. Інгулець по гідропосту Андріївка в період проведення промивки**

Роки	Відсоток діб, у які вміст хлоридів перевищує:			
	350 мг/дм <sup>3</sup>	400 мг/дм <sup>3</sup>	450 мг/дм <sup>3</sup>	500 мг/дм <sup>3</sup>
2011	5,51	3,15	2,36	1,58
2012	7,44	0	0,0	0,0
2013	15,08	2,38	0,0	0,0
2014	4,55	0,76	0,76	0,76
2015	42,11	6,02	2,26	0,75
2016	18,8	3,01	0	0
2017	28,13	4,69	0,78	0,78
<b>Середнє за 2011-2017 рр.</b>	<b>17,37</b>	<b>2,86</b>	<b>0,88</b>	<b>0,55</b>
2018	78,13	32,81	8,59	1,56
2019	57,35	19,12	10,29	1,47
2020	70,66	47,9	42,52	40,12
2021	58,67	44,0	30,67	27,33
<b>Середнє за 2018-2021рр.</b>	<b>66,20</b>	<b>35,96</b>	<b>23,02</b>	<b>17,62</b>

Представники гірничорудних підприємств, які фінансують проведення промивки річки Інгулець, в останні роки ігнорують повне виконання Регламенту, мотивуючи тим, що не мають змогу здійснити скид шахтних вод у повному обсязі, тому що Кабінет Міністрів України (КМУ) своєчасно не дає на це відповідний дозвіл.

Крім цього, є підстави припускати, що підприємство «Кривбас-промводопостачання» (яке саме регулює витрати попусків з Карачунівського вдсх.) не завжди дотримується витрат, які визначені Регламентом. Про це свідчить значна різниця у витратах попусків води з Карачунівського водосховища та витратами, які визначаються на гідропосту Андріївка, які іноді майже вдвічі менше.

Здійснюється офіційне порушення Регламенту шляхом зменшення витрат попусків промивної води, що призводить до значного погіршення якості води в річці Інгулець, та відповідно, в Інгулецькому магістральному каналі в період подачі води на зрошення.

Слід звернути увагу на те, що саме у 2018–2021 роках відбувається зменшення обсягів зимового скиду шахтних вод більш ніж у 2 рази у порівнянні з попередніми роками (причина – несвоєчасне надання дозволів на здійснення скидів з боку КМУ): 2013–2017 – 9,6–10,2 млн м<sup>3</sup>; 2018–2020 – 4,7 млн м<sup>3</sup>; 2021 – 6,3 млн м<sup>3</sup>. Можливо допустити, що внаслідок неповного спорожнення акумулюючої ємності – шламонакопичувача балки Свистунова, в якому накопичуються шахтні води впродовж всього року, в останні 3 роки відбувається його переповнення. Вірогідно внаслідок вищезазначеного факту відбувається підвищена фільтрація шахтних вод через ґрунтові води в річку Інгулець, що також викликає погіршення якості води у р. Інгулець.

### **Висновки**

1. Для випусків зворотних вод з оперативним регулюванням витрат умови скиду зворотних вод встановлюється у формі індивідуальних оперативних регламентів, з урахуванням вимог щодо якості води у водному об'єкті у контрольних створах нижче скиду зворотних вод.

2. Схема подачі води в магістральний канал Інгулецької зрошувальної системи в період 2011–2021 рр. забезпечується здійсненням постійних попусків води з Карачунівського водосховища з метою одержання стабільної якості води річки

Інгулець II класу за ДСТУ 2730:2015 впродовж всього вегетаційного періоду. Це, дає можливість не тільки заощадити державні кошти, які при застосуванні попередньої технології витрачалися на формування води необхідної якості, що подається на зрошення, але і покращити в цілому екологічний стан Карачунівського водосховища, річки Інгулець та еколого-агромеліоративний стан ґрунтів і ландшафтів Інгулецького зрошувального масиву.

3. Дослідженнями доведено, що у 2018–2021 роках спостерігається значне погіршення якості води річки Інгулець по гідропосту Андріївка, а відповідно і зрошувальної води в Інгулецькому магістральному каналі у порівнянні із 2011–2017 роками, що може призвести до негативного впливу на сільськогосподарські культури та активувати процеси деградації ґрунтів.

4. Головною причиною погіршення якості води в поливний період 2018–2021 років в Інгулецькому магістральному каналі є неповне виконання Регламенту промивання русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець, а саме зменшення витрат попусків промивної води з Карачунівського водосховища до  $5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

5. Методами регресійного і кореляційного аналізів отримані моделі формування мінералізації та гідрохімічного складу зрошувальної води Інгулецького магістрального каналу. В міру підвищення мінералізації зрошувальної води пропорційно зростатиме вміст іонів хлору, магнію, кальцію та сульфат-іонів.

6. Шляхами подальших досліджень є більш повне дослідження зв'язку між наповненням балки Свистунова шахтними водами та якістю води в річці Інгулець, тому що вірогідно, що внаслідок переповнення названого накопичувача в 2018–2021 рр. відбувається підвищена фільтрація шахтних вод через ґрунтові води в річку Інгулець, що і викликає погіршення якості води р. Інгулець. Необхідним також є створення експертної системи і організація цільового моніторингу формування відповідної якості води в р. Інгулець та в магістральному каналі Інгулецької зрошувальної системи.

### **Рекомендації виробництву**

При здійсненні щорічних заходів з промивки русла та екологічного оздоровлення річки Інгулець, при застосуванні яких формується якість води в джерелі зрошення р. Інгулець, величина витрат постійних попусків води задовільної якості з Карачунівського водосховища повинна складати не менш ніж  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ ,

так як дослідженнями доведено, що при зменшенні витрат відбувається суттєве погіршення якості води в р. Інгулець, та, відповідно у магістральному каналі Інгулецької зрошувальної системи, що неприпустимо для зрошувальної води.

Терміни початку та завершення промивки русла річки Інгулець слід визначати щорічно, в залежності від погодних умов року, орієнтовно – початок промивки 20 березня – 5 квітня, завершення промивки – 31 серпня – 15 вересня. Відповідно, загальний обсяг води скиду води з Карачунівського вдсх. для промивки р. Інгулець повинен складати не менш ніж 140 млн м<sup>3</sup>.

В подальшому в Регламенті слід обов'язково вказувати граничну концентрацію хлоридів у воді р. Інгулець (350 мг/дм<sup>3</sup>) впродовж всього поливного періоду та чітко визначати реальний дієвий механізм виконання та контролю за виконанням зазначеної вимоги.

Основними шляхами поліпшення якості поливної води та еколого-агромеліоративного стану ґрунтів Інгулецького зрошуваного масиву є збільшення площі зрошуваних земель, подальше раціональне управління умовами формування якості поливної води, створення для цього відповідної бази даних і бази знань, а в перспективі і експертної системи та обґрунтування (нормування) якості води Інгулецької зрошувальної системи за агрономічними критеріями згідно ДСТУ 2730:2015.

Зрошувальну воду Інгулецької ЗС, II класу якості за агрономічними критеріями, доцільно використовувати за умови обов'язкового застосування комплексу агромеліоративних заходів щодо запобігання деградації ґрунтів: внесення меліорантів (дроблений вапняк, дефекат, гіпс, фосфогіпс), а також додержання науково-обґрунтованих сівозмін з обов'язковим включенням багаторічних трав (в першу чергу – люцерни).

### Література

1. Конституція України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text>
2. Земельний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
3. Водний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text>
4. Кодекс України про надра. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-вр#Text>

5. Цивільний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15/ru/ed20131011#Text>

6. Закон України “Про меліорацію земель”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1389-14#Text>

7. Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text>

8. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

9. Закон України «Про оренду землі». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/161-14#Text>

10. Державні будівельні норми України В.2.4-1-99 “Меліоративні споруди та системи”, затверджені наказом Державного комітету України з будівництва та архітектури від 25 червня 1999 року № 153. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0153241-99#Text>

11. Наказ Державного комітету України по водному господарству, Міністерства аграрної політики від 02 листопада 2006 року № 206/638 “Про порядок використання меліоративних фондів та меліорованих земель”. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v206\\_574-06#Text](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v206_574-06#Text)

12. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-р#Text>

13. Про затвердження переліку платних послуг, які надаються бюджетними установами, що належать до сфери управління Державного агентства водних ресурсів. Постанова КМУ від 26.10.2011р. № 1101. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1101-2011-п#Text>

14. Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні. Київ : Аграр. наука, 2012. 28 с.

15. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні: Стан та шляхи поліпшення. Київ : Вид-во “Світ”, 2000. 114 с.

16. ДСТУ 7890:2015 “Зрошувальне землеробство. Режими зрошення”. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 15 с.

17. ДСТУ 7888:2015 “Зрошувальне землеробство. Зрошувальні норми”. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 13 с.

18. ДСТУ 7736:2015. «Зрошуване землеробство. Терміни та визначення». Київ : УкрНДНЦ, 2016. 23 с.

19. ДСТУ 4288:2004 «Якість ґрунту. Паспорт ґрунту». Київ : УкрНДНЦ, 2004. 11 с.

20. ДСТУ 4838:2007 «Технологія вирощування сільськогосподарських культур. Терміни та визначення понять». Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 21 с.

21. РДИ зз-1018946-01-93. Інструкція по планированию почвосберегающих режимов орошения на черноземах. Киев, 1993.

22. Зрошення і осушення земель / за ред. С.М. Алпатьєва. Київ : Урожай, 1971. 320 с.

23. Писаренко В.А., Коковіхін С.В., Писаренко П.В., Михаленко І.В. Розробка моделей зв'язків урожайності силосної маси кукурудзи в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2008. Вип. 49.

24. ДСТУ 2730:2015. Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 9 с.

25. Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням : Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.2020 р. № 766. *Офіційний вісник України*. 2020. № 73. С. 27-31.

26. Алмазов А.М. Прогноз химического состава воды для орошения и обводнения правобережных ингулецких земельных массивов и водоснабжения г. Николаева. Киев : 1957. 32 с.

27. Изменение мелиоративно-гидрогеологических условий водораздельных массивов под влиянием орошения : монографія / В.Г. Ткачук и др. Киев : Урожай, 1970. 248 с.

28. Землі Інгулецької зрошувальної системи: стан та ефективне використання / за наук. ред. В.О. Ушкаренка, Р.А. Вожегової. Київ : Аграр. наука, 2010. 352 с.

29. Морозов В.В., Козленко Є.В. Інгулецька зрошувальна система: покращення якості поливної води: монографія. Херсон : ПП «ЛТ-Офіс», 2015. 210 с.

30. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Новий варіант технології формування якості води Інгулецької зрошувальної системи при відновленні проектної площі зрошення. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. Херсон, 2021. № 119. С. 43-51.

31. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку: монографія / за ред. О.В. Морозова. Херсон: Айлант, 2020. 204 с.

32. Коваленко Р.Ю., Ковальчук П.І. Аналіз методів управління якістю води для зрошення при промивках русла р. Інгулець дніпровською водою. *Індуктивне моделювання складних систем*. Київ, 2014. Випуск 6. С. 90–96.

33. Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. Київ : Ніка-Центр, 2012. 180 с.

34. Регламенти промивки русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець, поліпшення якості води у Карачунівському водосховищі та на водозаборі Інгулецької зрошувальної системи у 2011–2018 рр.

35. Регламенти промивання русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець у 2019–2021 рр.