

УДК 631.6:631.415

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.29>

НОВИЙ ВАРІАНТ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПРОЄКТНОЇ ПЛОЩІ ЗРОШЕННЯ

Козленко Є.В. – к.с.-г.н., докторант,

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Морозов О.В. – д.с.-г.н., професор, професор кафедри

гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Морозов В.В. – к.с.-г.н., професор, професор кафедри

гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Інгулецька зрошувальна система, яка розташована на території Миколаївської та Херсонської областей, налічує 60 тисяч гектарів зрошуваних земель. Однак останні роки з них поливається лише близько 30%. Стратегія зрошення й дренажу в Україні на період до 2030 року спрямована на розвиток зрошуваного землеробства в Україні, а саме відновлення та збільшення площ зрошуваних земель передусім на півдні України. Потенціал Інгулецької зрошувальної системи за умови виконання низки заходів дає змогу відновити проєктні площі поливу. При цьому значно збільшиться обсяг водоподачі до системи, тому необхідно визначитися з варіантом формування якості води. За всю історію експлуатації на Інгулецькій зрошувальній системі застосовувалося декілька варіантів формування якості води залежно від умов, які склалися на час їх використання. Формування якості поливної води Інгулецької зрошувальної системи нині залишається основним фактором її ефективності. За період роботи підприємств Кривбасу вода річки Інгулець під впливом високомінералізованих промислових вод повністю змінила свій хімічний склад у бік погіршення. При виборі варіанта формування якості води в Інгулецькій зрошувальній системі варто обов'язково враховувати, що навіть при повній відсутності скидів і відсутності попусків з Карачунівського водосховища якість води р. Інгулець за вмістом хлоридів становить близько 1000–1300 мг/дм³ та за мінералізацією – 3–4 г/дм³.

Досліджено варіанти формування якості води, але при відновленні проєктної площі поливу в теперішніх економічних та екологічних жодний із варіантів у чистому вигляді не є оптимальним. Тому при відновленні площ поливу (згідно зі Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року) на Інгулецькій зрошувальній системі до проєктного рівня – 60 тис. га (з урахуванням водоподачі на Явкинську та Спаську зрошувальні системи – до 120 тис. га) – у сучасних економічних, екологічних і технічних умовах з метою забезпечення стабільної якості води, що відповідає вимогам чинних державних стандартів, пропонується до застосування новий варіант технології формування якості води на Інгулецькій системі, який є синергічним гібридом двох варіантів: «промивка зверху на весь поливний період» та «антирічка». Обов'язковою умовою ефективного застосування нового варіанта є постійний оперативний моніторинг якості води річки Інгулець (за вмістом хлоридів) по визначених точках відбору проб з метою моніторингу процесів підходу промивної води до створу ГНС, вищогохування «високомінералізованої призми» в річку Дніпро, підтягування дніпровської води до створу ГНС «антирічкою», контролю за місцезнаходженням дніпровської води (відхід від ГНС у випадку зупинки ГНС і підтягування дніпровської води).

Ключові слова: стратегія, якість зрошувальної води, антирічка, промивка, моніторинг якості, варіант гібрид-синергія.

Kozlenko Y.V., Morozov O.V., Morozov V.V. *A new variant of the technology of forming water quality of the Ingulets irrigation system during the restoration of the designed irrigation area*

The ingulets irrigation system, located in Mykolaiv and Kherson regions, has 60 thousand hectares of irrigated land. However, in recent years only about 30% of them have been watered. The strategy of irrigation and drainage in Ukraine for the period up to 2030 is aimed at the development of irrigated agriculture in Ukraine, namely the restoration and expansion

of irrigated land, primarily in Southern Ukraine. The potential of the Ingulets irrigation system, provided a number of measures are taken, allows restoring the designed irrigation areas. This will significantly increase the volume of water supply to the system, so it is necessary to determine the variant of water quality formation. Throughout the history of operation, several variants of the formation of water quality have been used on the Ingulets irrigation system depending on the conditions prevailing at the time of their use. The formation of irrigation water quality in the Ingulets irrigation system now remains the main factor of its efficiency. During the period of operation of the Kryvbas enterprises, the water of the Ingulets River completely changed its chemical composition in the direction of deterioration under the influence of highly mineralized industrial waters. When choosing the variant of water quality formation in the Ingulets irrigation system, it should be taken into account that even if there are no discharges from the Karachunivsky reservoir, the water quality of the Ingulets River is about 1000-1300 mg/dm³ and mineralization is 3-4 g/dm³.

The variants of the formation of water quality have been studied, but under the restoration of the designed irrigation area under current economic and environmental conditions, none of the variants in its pure form is optimal. Therefore, when restoring irrigation areas (according to the Irrigation and Drainage Strategy of Ukraine for the period up to 2030) in the Ingulets irrigation system to the designed level of 60 thousand hectares (taking into account the water supply to the Yavkin and Spask irrigation systems – up to 120 thousand hectares) under current economic, environmental and technical conditions, in order to ensure stable water quality meeting the requirements of the current state standards, it is proposed to use a new variant of the technology of water quality formation in the Ingulets system, which is a synergistic hybrid of two variants "top flushing" and "anti-river". A prerequisite for the effective application of the new variant is constant operational monitoring of water quality of the Ingulets River (by chloride content) at certain sampling points in order to monitor the processes of the approach of flushing water to the HPS line, pushing the "highly mineralized prism" into the Dnieper River, directing the Dnieper water to the cross-section, the creation of HPS "anti-river", control over the location of the Dnieper water (in case of stopping the HPS pulling in the Dnieper water).

Key words: strategy, irrigation water quality, anti-river, flushing, quality monitoring, hybrid-synergy variant.

Постановка проблеми. Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року, яка схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. (далі – Стратегія), передбачено відновлення та збільшення площ зрошуваних земель, що є одним зі шляхів досягнення мети Стратегії – визначення стратегічних напрямів державної політики щодо зрошення та дренажу, забезпечення сталого екозбалансованого розвитку зрошуваного землеробства в Україні. Реалізація Стратегії спрямована на відновлення потенціалу зрошувальних і дренажних систем з метою подальшого нарощування площ поливу й водорегулювання як основи досягнення максимального рівня ефективності та екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва [1].

Одним із основних складників організаційного механізму відновлення зрошення є відповідний План заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року, який затверджено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 1567-р. (далі – План заходів). План заходів передбачає залучення інвестицій у модернізацію та відновлення державних насосних станцій міжгосподарської мережі державних зрошувальних систем і внутрішньогосподарських зрошувальних систем, зокрема шляхом ініціювання пілотних проєктів; уведення додаткових площ зрошення в результаті будівництва нових внутрішньогосподарських зрошувальних систем, орієнтованих на водопопачання з міжгосподарських мереж зрошення [2].

Одним із факторів визначення пріоритетності здійснення заходів з відновлення й розвитку зрошення є клімат. Зокрема, повинна враховуватися роль зрошення для забезпечення ефективного та сталого ведення землеробства в умовах глобальних змін клімату. У зв'язку з цим усі наявні в Південному регіоні України зрошувальні системи мають розглядатися як такі, що підлягають модернізації [1].

Виходячи з вищезазначеного, Інгулецька зрошувальна система (далі – ІЗС) як одна з найперших у Південному регіоні України також має розглядатися на предмет відновлення зрошуваних площ і подальшого їх збільшення.

В останні роки на ІЗС поливається близько 30% від наявних площ зрошення, хоча потенціал системи, незважаючи на її вік, дає змогу відновити полив на всій площі – 60 тис. га (42 тис. га в Миколаївській області й 18 тис. га в Херсонській). Крім цього, є великий потенціал відновлення зрошення на Явкинській зрошувальній системі (далі – ЯЗС), джерелом зрошення якої є ІЗС. На ЯЗС наявність зрошуваних площ – 50 тис. га, з яких узагалі останні роки поливається лише близько 10%.

При відновленні зрошуваних площ на ІЗС передусім постає питання забезпечення системи необхідною кількістю води для зрошення, якість якої при цьому повинна задовольняти відповідним критеріям, які визначені нормативними документами: ДСТУ 2730:2015 «Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії» та Постановою Кабінету Міністрів України «Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням» від 2 вересня 2020 р. № 766.

При відновленні площ поливу буде відбуватися збільшення водозабіру до системи, тому що питання якості зрошувальної води на ІЗС завжди було пріоритетним, варто детально розглянути варіанти можливого формування якості води, яка буде задовольняти відповідним вимогам, і не призводить до деградаційних процесів у ґрунтах і зниження урожайності сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання формування якості води на ІЗС досліджувалося В.В. Морозовим, О.В. Морозовим, В.М. Нежлукченком, Є.Г. Волощюком, Є.В. Козленком, Р.Ю. Коваленком, П.І. Ковальчуком [3; 4; 5; 6]. Застосування ГІС-технології в екологічних дослідженнях водних ресурсів висвітлено в роботах В.І. Пічури, С.В. Скок, Бреуса Д.С. та ін. [10; 11; 12]. Дослідниками в різні роки пропонувалися та були науково обґрунтовані різні варіанти, кожний із яких був актуальним та оптимальним для тих умов, які склалися на часі його розробки.

Постановка завдання. З огляду на перспективу відновлення проектної площі зрошення на ІЗС (згідно зі Стратегією), визначити оптимальний, найбільш економічно ефективний варіант формування якості зрошувальної води на ІЗС, у разі застосуванню якого буде забезпечено відповідну вимогам чинних державних стандартів стабільну якість води для зрошення в необхідній кількості.

Виклад основного матеріалу дослідження. За всю історію функціонування ІЗС – із 1957 по 2021 роки – якість води на ній формувалася за різними варіантами. За проектом, до початку подачі води на полив здійснювалася відкачка високомінералізованої води на ділянці річки Інгулець: створ Головної насосної станції (далі – ГНС) – гирло, тим самим здійснювалося підтягування дніпровської води до створу ГНС «антирічкою». За таким варіантом – «відкачка з «антирічкою» – ІЗС працювала з 1957 по 1987 роки. При здійсненні відкачки ГНС працює чотирма насосно-силовими агрегатами (сумарна продуктивність яких становить 22 м³/с) упродовж 20 діб. Вода подається в Інгулецький магістральний канал, із якого на пікеті 86 пропускається через гідротехнічну споруду аварійного скиду по скидному тракту в балку Вірьовчина та далі в річку Дніпро. Середній обсяг відкачки становить близько 38 млн. м³. Після того, як дніпровська вода підтягнута до створу ГНС, якість води в Інгулецькому магістральному каналі формується шляхом змішування інгулецької води (яка знаходиться вище створу ГНС) з дніпровською (яка знаходиться нижче ГНС) у співвідношенні щонайменше 1 до

3. Середня кількість працюючих агрегатів ГНС – 6–8. Чим більше кількість працюючих агрегатів ГНС, тим, відповідно, краща якість води в Інгулецькому магістральному каналі (таблиця 1).

З 1988 року замість відкачки впроваджена так звана промивка русла річки Інгулець, яка здійснювалася також до початку поливного періоду за рахунок попусків води задовільної якості з Карачунівського водосховища загальним обсягом близько 30 млн. м³. За цією технологією високомінералізована «призма» не відкачується на скид, а, навпаки, виштовхується по руслу Інгульця в річку Дніпро. У більшості випадків вищевказаного обсягу було достатньо для виходу «солонію призми» в Дніпро, після чого варто було якнайшвидше (за рахунок роботи ГНС) підтягнути дніпровську воду до створу ГНС. Далі формування якості води (змішування інгулецької з дніпровською) здійснювалося за проектним варіантом, за рахунок роботи агрегатів ГНС. Але до підтягування дніпровської води якість води формується шляхом змішування інгулецької води (яка знаходиться вище ГНС) з промивною (яка знаходиться нижче ГНС). Тобто формування якості води відбувається аналогічно проектному варіанту, але якість буде гірша, ніж у ньому, тому що знизу створу ГНС знаходиться промивна вода, якість якої (за вмістом хлоридів у середньому – 350 мг/дм³) гірша за дніпровську (за вмістом хлоридів у середньому – 90 мг/дм³). Варіант «промивка замість відкачки впродовж 30 діб з «антирічкою» застосовувався на ІЗС з 1988 по 2010 роки. Періоди роботи ГНС описані в таблиці 1.

З 2011 року по нинішній час на ІЗС якість води формується за варіантом «промивка зверху на весь поливний період».

Тобто, згідно з відповідним Регламентом, промивання русла й екологічного оздоровлення р. Інгулець з початку квітня по серпень здійснюються попуски води з Карачунівського водосховища (м. Кривий Ріг) витратами спочатку 20 м³/с зі зменшенням до 9–11 м³/с [7]. За рахунок проведення вищезазначеного заходу забезпечується стабільна задовільна якість води в річці Інгулець, відповідно, і в Інгулецькому магістральному каналі впродовж майже всього поливного періоду. Цей варіант технології науково обґрунтовано В.В. Морозовим, Є.В. Козленком (2015) [4].

В умовах відновлення площ поливу (згідно зі Стратегією) на Інгулецькій зрошувальній системі до проектного рівня – 60 тис. га або (з урахуванням водоподачі з ІЗС на Явкинську (50 тис. га) та Спаську (10 тис. га) зрошувальні системи) навіть до 120 тис. га, постає питання, який варіант формування якості води на ІЗС з усіх можливих здатен забезпечити стабільну задовільну (згідно з державними стандартами й вимогами [8; 9]) якість води в Інгулецькому МК в необхідній кількості впродовж усього поливного періоду (з квітня по жовтень). З усіх розглянутих варіантів, які мали місце в різні роки (періоди) експлуатації ІЗС, у чистому вигляді не один із них нині не є оптимальним.

При застосуванні варіанта «промивка замість відкачки впродовж 30 діб з «антирічкою» умови, які склалися на час його застосування: повне забезпечення державним фінансуванням, незначна вартість електричної енергії та необхідна пропускна спроможність скидних трактів, давали змогу підтримувати якість води за рахунок постійної роботи не менш ніж 4–5 агрегатів ГНС.

У сучасних умовах значно збільшилася вартість електроенергії, яка необхідна для роботи ГНС. Бюджетного фінансування недостатньо для повного покриття вартості необхідної кількості електроенергії навіть у сучасних обсягах її використання. Стратегією визначено перехід на повну самокупність, тобто вся вартість електроенергії, яка необхідна, буде закладена у вартість послуг із подачі води, тобто піде на сільгосптоваровиробників, у собівартість продукції, що теж є дуже

Таблиця 1
Аналіз варіантів та умов формування якості води на Інгулецькій зрошувальній системі

№ з/п	Назви варіантів	Характеристики варіантів (і періодів роботи ГНС)	Опис умов формування якості зрошувальної води в різних варіантах	Роки застосування варіантів	Площа поливу, тис. га	Середній обсяг річного водозабіру, млн. м ³
1	2	3	4	5	6	7
1	Відкачка з «антирічкою» (проектний)	Перед початком подачі води на полив здійснюється відкачка високомінералізованої води на ділянці ГНС-гірло через аварійний скід у балку Вірьовчина, тобто до початку поливів дніпровська вода «антирічкою» вже підтягнута до ГНС	Якість води формується шляхом змішування інгулецької води (яка знаходиться вище ГНС) із дніпровською (яка знаходиться нижче ГНС) у співвідношенні щонайменше 1 до 3. Середня кількість працюючих агрегатів ГНС – 6–8. Чим більша кількість працюючих агрегатів ГНС, тим краща якість води в ІМК.	1957–1987 рр.	60 (120 – з урахуванням ЯЗС та СЗС)	509
2	Промивка замість відкачки впродовж 30 діб з «антирічкою»	1. Перший період роботи ГНС (від початку роботи ГНС до підходу зверху «солоній» води «на хвості» в промивній). 2. Другий період роботи ГНС (від дати підходу зверху «солоній» води «на хвості» в промивній до дати підтягування «антирічкою» дніпровської води до ГНС). 3. Третій період роботи Головної насосної станції (від дати підтягування «антирічкою» дніпровської води до ГНС до зупинки ГНС).	Якість води формується за рахунок попусків води з Карачунівського водосховища (якість не залежить від кількості працюючих агрегатів ГНС). Якість залежить від витрат попусків з Карачунівського водосховища, чим більші витрати, тим краща якість води в р. Інгулець нижче водосховища, відповідно, краща якість води в ІМК.	1988–2010 рр.	від 60 (120) до 14 (17)	317

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
2	Промивка замість відкачки впродовж 30 діб з «антирчиною»	3. Третій період роботи Головної насосної станції (від дати підтягнення «антирчиною» дніпровської води до ГНС до закупки ГНС).	(яка знаходиться нижче ГНС) у співвідношенні щонайменше 1 до 3. Чим більше кількість працюючих агрегатів головної насосної станції, тим краща якість води в Інгулецькому магістральному каналі.	1988–2010 рр.	від 60 (120) до 14 (17)	317
3	Промивка зверху на весь поливний період	Забезпечення стабільної задовільної якості води в джерелі зрошення р. Інгулець упродовж усього вегетаційного періоду шляхом здійснення попусків води задовільної якості з Карацунівського водосховища в період із квітня по серпень із незначним корегуванням залежно від погодних умов року витратами не менше ніж 12 м ³ /с	Якість води формується аналогічно варіанту 2.1, тобто формується за рахунок попусків води з Карацунівського водосховища (якість не залежить від кількості працюючих агрегатів Головної насосної станції). Якість залежить від витрат попусків із Карацунівського водосховища, чим більші витрати, тим краща якість води в р. Інгулець нижче водосховища, відповідно, краща якість води в Інгулецькому магістральному каналі.	2011–2021 рр.	15,9 (від 11,7 до 22,2)	120
4	Гібрид-синергія – «промивка зверху на весь поливний період» з «антирчиною»	Забезпечення стабільної задовільної якості води в р. Інгулець від Карацунівського водосховища до головної насосної станції аналогічно варіанту 3 – шляхом здійснення попусків води задовільної якості з Карацунівського водосховища в період із квітня по серпень.	При роботі 1–2 агрегатів головної насосної станції (на початку та наприкінці поливного періоду й у короткочасні періоди зменшення заявок на подачу води) – якість води формується аналогічно варіанту 3 – за рахунок попусків води з Карацунівського водосховища, тобто ГНС перекачує тільки воду, яка поступає по руслу річки зверху. При роботі 3 і більше агрегатів головної насосної станції витрат води, яка надходить по руслу зверху до головної насосної станції, вже недостатньо й розпочинається процес змішування, тобто додатково за рахунок витрат ГНС закачується й вода, що знаходиться нижче створу ГНС, – відбувається змішування. На початку поливного періоду і зверху, і знизу буде знаходитися промивна вода. З часом підтягнеться «антирчиною» дніпровська, і якість води в Інгулецькому магістральному каналі поліпшиться за рахунок змішування.	Перспективний, рекомендований для застосування в разі відновлення проєктних площ поливу згідно зі Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року	до 60 (до 120 – з урахуванням ЯЗС та СЗС)	300–500

негативним фактором, тому що навіть нинішня вартість послуг із забору (подачі) води цілком не задовольняє сільгосптоваровиробників – водокористувачів.

Тобто головним недоліком проектного варіанта є висока вартість його застосування. Крім цього, сьогодні пропускна спроможність скидних трактів вже не дає змоги скидати необхідний обсяг води. Але найбільш вагомим фактором при визначенні оптимального варіанта є саме якість поливної води, тобто її відповідність вимогам чинних державних стандартів.

Дослідженнями, які проводилися раніше, встановлено чіткий кореляційний зв'язок між хлоридами, аніонно-катионовим складом і мінералізацією води ІЗС [3; 4]. Тому при проведенні досліджень уміст хлоридів у поливній воді розглядається як індикативний показник.

Досліджено фактичний період роботи ГНС постійно чотирма агрегатами (сумарні витрати – 22 м³/с) у липні-серпні 2001 р. Якість води формувалася шляхом змішування інгулецької води (витрати – 5 м³/с, уміст хлоридів – 700 мг/дм³) з дніпровською (уміст хлоридів – 90 мг/дм³). Цей період узято до розгляду як характерний період для другого з варіантів, що розглядаються, – «промивка замість відкачки впродовж 30 діб з «антирічкою». Відбір проб води в Інгулецькому магістральному каналі здійснювався кожні 2 години цілодобово. Визначено вміст хлоридів у кожній пробі та побудовані відповідні моделі якості води: 1 модель – фактична – 2001 р. та моделі якості, які б ми отримали в сучасних умовах при відповідних режимі роботі ГНС і витратах річки Інгулець (рис. 1). Середня якість води р. Інгулець (без скидів і без промивки) в останні роки за вмістом хлоридів становить 1100 мг/дм³ (за даними Регіонального офісу водних ресурсів у Дніпропетровській області по гідропосту Андріївка).

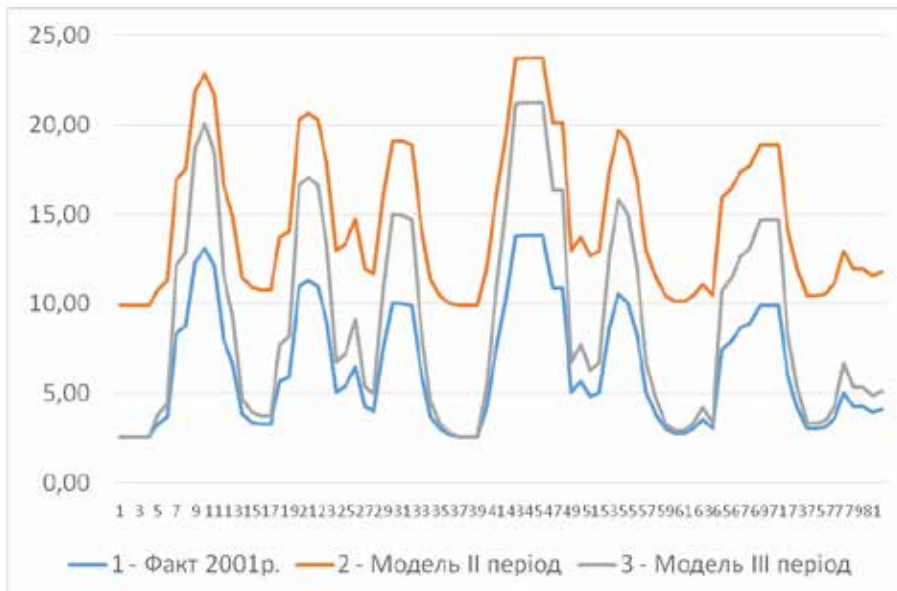


Рис. 1. Моделі коливання якості води ІЗС за вмістом хлоридів (мекв/дм³)

У II період роботи ГНС при змішуванні інгулецької води, що надходить зверху до створу ГНС, і промивної води, що знаходиться нижче створу ГНС, – модель 2.

У III період роботи ГНС при змішуванні інгулецької води, що надходить зверху до створу ГНС, і дніпровської води, яка вже підтягнута та знаходиться нижче створу ГНС, – модель 3. Моделі побудовані за принципом збереження відсоткового співвідношення інгулецької та дніпровської води, тобто в усіх трьох моделях співвідношення однакове (фактичне по моделі 1), а різниця тільки за рахунок відмінної якості інгулецької води зверху та промивної та дніпровської – знизу. На моделях вірогідної якості води чітко відслідковується, що коливання вмісту хлоридів виходить за нормативну межу 15 мекв/дм³ [8].

У моделі II періоду отримуємо якість води гірше, так як змішуються інгулецька вода з промивною. У моделі III періоду якість краща, ніж у II моделі, але все одно коливання виходить за межу нормативної якості. Тобто в разі застосування в нових умовах (відновлення проєктної площі поливу) варіанта «промивка замість відкачки впродовж 30 діб з «антирічкою» якість води в Інгулецькому МК періодично буде виходити за межі нормативної, тобто отримаємо воду III класу [8; 9], застосування якої для поливу сільськогосподарських культур призведе до значного зниження їх урожайності й буде сприяти процесам деградації ґрунтів.

У цих економічних, екологічних і технічних умовах, які склалися нині, пропонується застосувати новий варіант, який умовно можна назвати «гібридний варіант синергії двох варіантів» – «промивка зверху на весь поливний період» та «антирічка». Тобто при відновленні проєктних площ зрошення на Інгулецькій зрошувальній системі (а вірогідно, і на системах, які отримують воду з Інгулецької, – Явкинській і Спаській зрошувальних системах) необхідно продовжувати здійснення формування якості води на басейновому рівні шляхом проведення постійних (із квітня по вересень) попусків води з Карачунівського водосховища витратами, які забезпечать якість води, що відповідає вимогам чинних державних стандартів. При цьому, тому що витрати насосів ГНС у більший період часу будуть перевищувати витрати р. Інгулець (зверху ГНС), недостатній обсяг води буде підтягуватися з Дніпра, тобто запрацює «антирічка». Буде відбуватися формування якості на локальному рівні – за рахунок роботи агрегатів. І чим більше агрегатів буде, тим буде краща якість води. При цьому будуть виключені моменти коливання якості до непридатної.

Переваги запропонованої технології – на початку та наприкінці поливного періоду не потрібно запускати в роботу зайві агрегати лише для підтримки якості води. Також у разі випадання опадів улітку, коли відбувається відмова від поливів, не треба, щоб у холосту працювала ГНС на скид тільки для того, щоб не «упустити дніпровську воду» від створу ГНС.

Але при застосуванні варіанта «гібрид-синергія» необхідно обов'язково здійснювати постійний оперативний моніторинг якості води річки Інгулець по визначених точках відбору проб (зверху від Карачунівського водосховища до створу ГНС і знизу від створу ГНС до гирла річки). Це необхідно з метою чіткого відстеження процесів підходу промивної води до створу ГНС, виштовхування «високомінералізованої призми» в річку Дніпро, підтягування дніпровської води до створу ГНС «антирічкою», контролю за місцезнаходженням дніпровської води (відхід від ГНС у випадку зупинки ГНС і підтягування дніпровської води).

Висновки і пропозиції. Формування якості поливної води Інгулецької зрошувальної системи нині залишається основним фактором її ефективності. Навіть у разі повного припинення регламентованих (зимових) скидів шахтних вод немає підстав не здійснювати щорічні попуски води з Карачунівського водосховища згідно з відповідним регламентом, тому що за період роботи підприємств

Кривбасу вода річки Інгулець під впливом високомінералізованих промислових вод повністю змінила свій хімічний склад у бік погіршення.

При виборі варіанта формування якості води в Інгулецькій зрошувальній системі варто обов'язково враховувати, що навіть при повній відсутності скидів і відсутності попусків із Карачунівського водосховища якість води р. Інгулець за вмістом хлоридів становить близько 1000–1300 мг/дм³ та за мінералізацією – 3–4 г/дм³.

При відновлення площ поливу (згідно зі Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року) на Інгулецькій зрошувальній системі до проектного рівня – 60 тис. га (з урахуванням водоподачі на Явкинську та Спаську зрошувальні системи – до 120 тис. га) – у сучасних економічних, екологічних і технічних умовах з метою забезпечення стабільної якості води, що відповідає вимогам чинних державних стандартів, пропонується застосувати новий варіант формування якості води на ІЗС, який умовно можна назвати «гібридний варіант синергії двох варіантів» – «промивка зверху на весь поливний період» та «антирічка».

Обов'язковою умовою ефективного застосування нового варіанта формування якості води ІЗС «гібрид-синергія» є постійний оперативний моніторинг якості води річки Інгулець (за вмістом хлоридів) по визначених точках відбору проб з метою моніторингу процесів підходу промивної води до створу ГНС, виштовхування «високомінералізованої призми» в річку Дніпро, підтягування дніпровської води до створу ГНС «антирічкою», контролю за місцезнаходженням дніпровської води (відхід від ГНС у випадку зупинки ГНС і підтягування дніпровської води).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року, схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-p#Text>.
2. План заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року, затверджений Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21.10.2020 № 1567-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1567-2020-p#Text>.
3. Морозов В.В., Нежлукченко В.М., Волочнюк Є.Г. Формування якості зрошувальної води на Інгулецькому масиві. Херсон : Колос, 2004. 228 с.
4. Морозов В.В., Козленко Є.В. Інгулецька зрошувальна система: покращення якості поливної води : монографія. Херсон : ПП «ЛТ-Офіс», 2015. 210 с.
5. 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.
6. 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.
7. Регламент промивання русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець у 2020 році, затверджений Держводагентством України 10.03.2020. 2 с.
8. ДСТУ 2730:2015. Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 9 с.
9. Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням : Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.2020 № 766. *Офіційний вісник України*. 2020. № 73. С. 27–31.
10. Пічура В.І. Атлас екологічного стану басейну ріки Дніпро. Херсон, «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 36 с.
11. Скок С.В. Екологічна оцінка впливу урбосистем на якість водних ресурсів. *Екологічні науки*. Випуск 4 (31). 2020. С. 66–75.
12. Бреус Д.С. Дослідження екологічного стану акваторії Каховського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура*. Вип. № 2. 2020.