

УДК 631.67:631.6.03

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.3>

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ У ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Морозов О.В. – д.с.-г.н., професор,

Морозова О.С. – к.е.н., доцент,

Керімов А.Н. – к.с.-г.н., доцент,

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,

morozov-2008@ukr.net, lena_morozova2015@ukr.net

Однією з причин, які зумовлюють необхідність уточнення існуючих, а в багатьох випадках і формування нових наукових підходів до організації водокористування та розвитку зрошення земель в Україні це – глобальні зміни клімату та постійно зростаючих дефіцит придатних для використання водних ресурсів. Зміни клімату спричиняють погіршення якості поверхневих вод та обмеження їх придатності за агрономічними критеріями.

Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення мінералізації поверхневих вод з 0,30 г/дм³ (1938 рр., р. Дніпро до заповнення чаші водосховища) до 0,43 г/дм³ (2018 р., Каховське водосховище). За цей самий період відбувається збільшення середньої температури повітря за вегетаційний період з 15,9°C (1938 р.) до 20,5°C (2018 р.). Визначена залежність між температурою повітря за вегетаційний період та мінералізацією поверхневих вод. Збільшення температури повітря на 1,0°C призводить до підвищення мінералізації поверхневих вод на 0,03 г/дм³, що підтверджено логарифмічним рівнянням.

Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення лужності (рН) поверхневих вод з 7,6 (1960 р.) до 8,05 (2018 р.).

У результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності. У зарегульованих магістральних каналах лужність води підвищена (величина рН досягає 8,3–8,5). Це обумовлено слабкою течією води та застійними явищами. В результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності.

При досягненні лужності води критичних меж, потрібно виконувати заходи по її хімічній меліорації. При величині рН більше 8,2–8,3 у воді з'являється карбонатна сода (CO₃²⁻), зміст якої при рН 8,5–8,6 досягає критичних меж для зрошувальних вод – 0,24–0,30 мг-екв/дм³. Такі несприятливі для поливів сільськогосподарських культур характеристики має вода Каховського водосховища протягом найінтенсивнішого водозабору в магістральні канали – з квітня по липень включно. Зрошувальна вода Каховського водосховища відноситься до II класу – «обмежено придатна» по лужності і повинна використовуватися при обов'язковому здійсненні комплексу заходів щодо попередження деградації зрошуваних ґрунтів.

Ключові слова: гідрохімічний режим, якість поверхневих вод, зміни клімату, зрошувальна система.

Постановка проблеми. Загальна тенденція розвитку землеробства у світі на сучасному етапі спрямована на забезпечення максимально сприятливих умов для життєдіяльності сільськогосподарських рослин, реалізації їх біологічного потенціалу і, як наслідок, істотного підвищення продуктивності, що можливо лише за умови стабільного управління груповими режимами – передусім, термічним і водним. Визначальна роль у розв’язанні цього завдання належить зрошенню земель [1, 2].

Однією з причин, які зумовлюють необхідність уточнення існуючих, а в багатьох випадках і формування нових наукових підходів до організації водокористування та розвитку зрошення земель в Україні це – глобальні зміни клімату та постійно зростаючих дефіцит придатних для використання водних ресурсів [3–5]. Зміни клімату спричиняють збільшення основної видаткової статті водного балансу – випарування і, як наслідок, по-перше, погіршення якості поверхневих вод та обмеження їх придатності за агрономічними та екологічними критеріями. По-друге, виникає необхідність збільшення кількості та норм вегетаційних, вологозарядкових і промивних поливів, за ймовірного погіршення якості поверхневих вод для зрошення [1].

Отже, оцінка якості поверхневих вод є однією з актуальних проблем, яка визначає напрями і перспективи розвитку меліоративного ґрунтознавства і зрошувального землеробства як у світі в цілому, так і в Україні [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення гідрохімічного режиму поверхневих вод, змін їх природних властивостей, які знаходяться під дією природних та антропогенних чинників, розробок природоохоронних заходів щодо покращення якості поверхневих вод, теоретичних та прикладних аспектів земле-водокористування в умовах зрошення відображені у наукових працях вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема: Ромащенко М.І. [2, 3], Балюка С.А. [1, 2], Морозова В.В. [1, 4, 5], Морозова О.В. [1, 4, 5], Kanwar J., Kanwar B. [6] та ін. вчених. Акцентовано, що важливим і першочерговим завданням є необхідність комплексного оцінювання якості поверхневих вод для зрошення, так як властивості тривалозрошуваних ґрунтів, процеси і режими в умовах багаторічного зрошення значною мірою залежать від якості поливної води.

Постановка завдання. Основним завданням дослідження було вивчення просторово-часових показників гідрохімічного режиму поверхневих вод Каховського водосховища та магістральних каналів Каховської зрошувальної системи в умовах змін клімату.

Об’єкт дослідження – формування гідрохімічного режиму поверхневих вод Каховського водосховища в умовах змін клімату.

Матеріали і методи дослідження. Інформаційну базу дослідження складають дані статистичних звітностей, ретроспективних матеріалів

гідрометеорологічних станцій центру з гідрометеорології Херсонської області, Каховської гідрогеолого-меліоративної партії Держводагентства України та матеріали особистих досліджень. Опрацювання і візуалізація статистичної, інформації і результатів дослідження здійснювалось за допомогою пакетів програм Microsoft Excel.

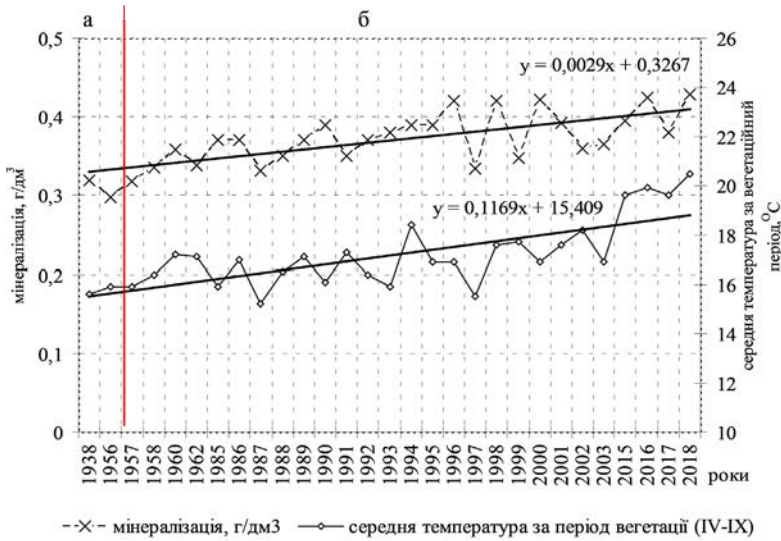
У роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних, емпіричних і теоретичних методів дослідження: **історичний** – для ретроспективного узагальнення наукових досягнень вітчизняних та іноземних вчених щодо вивчення формування гідрохімічного режиму поверхневих вод в умовах змін клімату; **аналітичний** – для аналізу умов та процесів зміни показників гідрохімічного режиму поверхневих вод в умовах змін клімату; **системний аналіз і підхід** – для комплексного аналізу стану і вивчення закономірностей зв'язку клімату із змінами гідрохімічного режиму поверхневих вод.

Результати досліджень. Каховське водосховище створено в 1955 році в результаті споруди греблі Каховської ГЕС для отримання електроенергії, водопостачання міст і промислових підприємств, зрошування сіль господарських угідь, розвитку рибного господарства тощо. Воно замикає в нижній течії Дніпра каскад дніпровських водосховищ: Київського, Канівського, Кременчуцького, Дніпродзержинського і Запорізького [9, 14].

Площа водозбору в створі гідровузла водосховища складає 48200 км², середній річний стік – 52200 млн. м³, у тому числі за період повені – 33800 млн. м³. При нормальному наборі рівня (відмітка 16 м) площа водосховища – 215,5 тис. га, протяжність його 230 км, ширина – 4–18 км, максимальна ширина – 25 км, середня глибина – 8 м, максимальна глибина в річищі рівна 25 м, а біля греблі – 38 м. Повна місткість водосховища – 18200 млн. м³ води, корисна – 6800 млн. м³. Площа мілководь з глибиною до 2 м складає 18,3 тис. га (8,5%). Зона з глибиною до 5 м займає 28% площі. Середня озеровидна частина водосховища має ширину до 25 км (колишні Базавлуцькі, Кінські заплави) і глибину 3–5 м (максимальна – до 8м), поступово вона переходить у верхнє річище, яке замикається греблею ДніпроГЕС [9, 14]. Каховське водосховище по місцеположенню відноситься до типу рівниннорічкових, до групи водосховищ середньої глибини (7–14 м), класифікується середньою глибиною зниження рівня води (3–10 м) і великим ступенем водообміну (0,25–0,49 частки року або 3–6 місяців) [12].

За багаторічний період експлуатації Каховського водосховища в хімічному складі поверхневих води спостерігаються зміни, зокрема, простежується тенденція до підвищення мінералізації і лужності. За період охоплений дослідженнями (1938–2018 рр.) спостерігається тенденція до збільшення мінералізації поверхневих вод з 0,30 г/дм³ (1938 рр., р. Дніпро

до заповнення чаші водосховища) до 0,43 г/дм³ (2018 р., Каховське водосховище). За цей самий період відбувається збільшення середньої температури повітря за вегетаційний період (IV-X місяці) з 15,9°C (1938 р.) до 20,5°C (2018 р.) (рис. 1).



а – річка Дніпро до заповнення чаші водосховища;
 б – Каховське водосховище

Рис. 1. Багаторічна динаміка мінералізації поверхневих вод Каховського водосховища та середньо багаторічна температура повітря за вегетаційний період

Дослідженнями доведена залежність між температурою повітря за вегетаційний період а мінералізацією поверхневих вод. Збільшення температури повітря на 1,0°C призводить до підвищення мінералізації поверхневих вод на 0,03 г/дм³, що підтверджено логарифмічним рівнянням а коефіцієнтом кореляції (рис. 2).

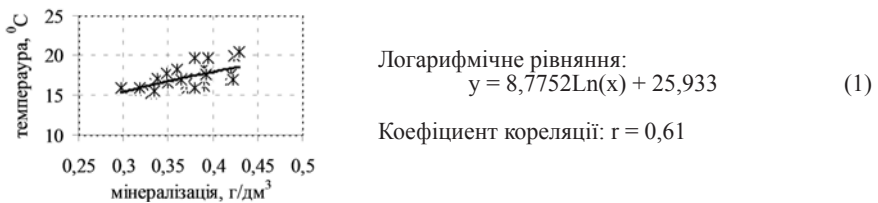


Рис. 2. Залежність між температурою повітря та мінералізацією поверхневих вод Каховського водосховища

За період охоплений дослідженнями (1938–2018 рр.) спостерігається тенденція до збільшення лужності (рН) поверхневих вод з 7,6 (1960 р.), до 8,05 (2018 р.) (рис. 3).

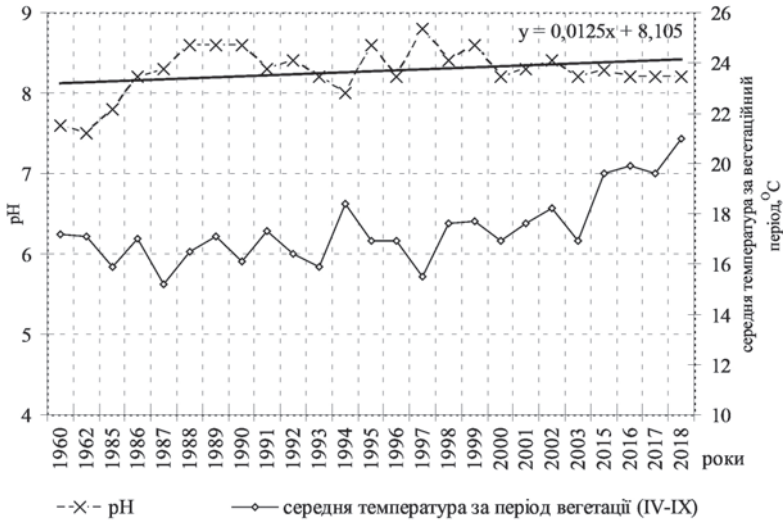


Рис. 3. Багаторічна динаміка рН поверхневих вод Каховського водосховища та середньо багаторічна температура повітря за вегетаційний період

У результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності. Це приводить до збільшення концентрації кисню у воді і зменшення вуглекислого газу [9, 13, 14]. У зв'язку із зменшенням вуглекислого газу у воді, який використовується гідрофітами на процес фотосинтезу, карбонатно-кальцієва рівновага зміщується в карбонатний бік і величина рН зростає [11]. При зменшенні температури процес фотосинтезу припиняється і відбувається процес дихання гідрофітів, який супроводжується виділенням вуглекислого газу. Карбонатно-кальцієва рівновага зміщується у бік кальцію, оскільки вуглекислота (H_2CO_3) розчиняє карбонат кальцію ($CaCO_3$) з утворенням гідрокарбонату кальцію $Ca(HCO_3)_2$, при цьому величина водневого показника рН зменшується.

Загальні закономірності трансформації гідрохімічних показників води водосховища полягають в наступному. В холодну пору року (листопад-лютий) вода у водосховищі має найнижчий показник лужності – рН від 7,8 до 8,0. В березні-квітні відбувається різке збільшення цього показника до 8,6-8,8, що пов'язане з бурхливим розмноженням водоростей на мілководдях. У травні місяці величина рН знижується до 8,3–8,5,

а в червні–липні утримується в межах 8,2–8,3. До кінця літа спостерігається відносно швидке зниження рН до 8,1–8,2, у вересні–жовтні рН знижується до 8,0, опускаючись далі до значень, характерних для зимового періоду.

Лужність води у водосховищі змінюється і залежно від погодних умов. Так, в період випадання рясних атмосферних опадів (наприклад, червень–липень 1988 р., червень 1991 р., червень–липень 1992 р.) лужність води підвищувалася на 0,1–0,3 одиниці рН.

Це пов'язано із зростаючою застійністю води через зменшення водовідбору на зрошення з одночасним збільшенням принесення у водосховище біогенних речовин (живильного середовища для гідрофітів) поверхневим стоком з прилеглих територій під час опадів (вуглець, азот, фосфор, сірка, калій, залізо та ін.).

Лужність води у водосховищі і магістральних каналах залежить від розвитку фітопланктону (діатомові, зелені і синьо-зелені водорості). Провідним чинником дії на фітопланктон є швидкість течії води. При швидкій течії води вона аерується, збагачується киснем і вуглекислим газом. У результаті турбулентного руху води і частой зміни освітленості розвиток фітопланктону уповільнюється. У зарегульованому Головному Каховському магістральному каналі швидкість води досягає 0,3–0,5 м/с [1]. Лужність води у Каналах Каховської зрошувальної системи вище ніж у Каховському водосховищі (рис. 4). Збільшення площ зрошуваних земель та питомої водоподачі на зрошення буде сприяти збільшенню проточності, уповільненню розвитку водоростей та поліпшенню якості поверхневих вод.

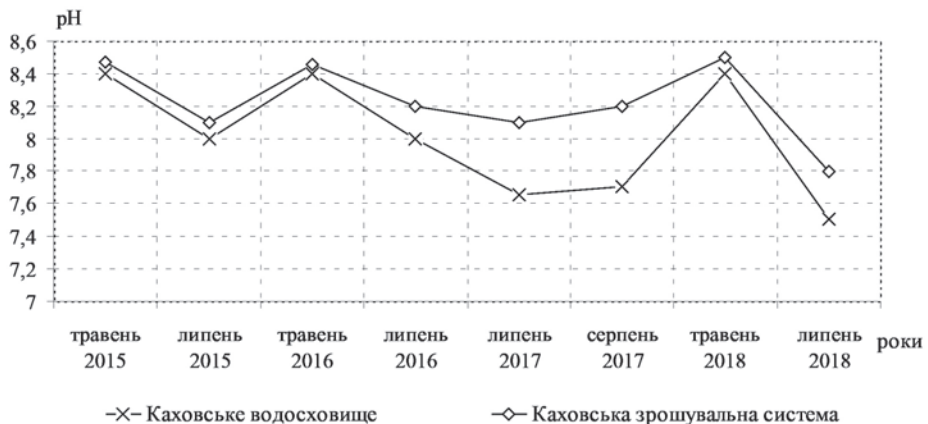


Рис. 4. Лужність поверхневих вод у Каховському водосховищі та каналах Каховської зрошувальної системи

При величині рН більше 8,2–8,3 у воді з'являється карбонатна сода (CO_3^{2-}), зміст якої при рН 8,5–8,6 досягає критичних меж для зрошувальних вод – 0,24–0,30 мг-екв/дм³. Такі несприятливі для поливів сільськогосподарських культур характеристики має вода Каховського водосховища протягом найінтенсивнішого водозабору в магістральні канали – з квітня по липень включно. І лише поливи поживних культур і вологозарядкові поливи забезпечуються, як правило, придатною для зрошування водою (рис. 5).

Вода водосховища служить джерелом зрошувальних вод в Херсонській області на площі більше 300 тис.га. Темно-каштанові залишково солонцюваті ґрунти Херсонської області відносяться до групи лужних і в результаті довготривалого зрошення лужними водами вони погіршують свої властивості, що у свою чергу негативно позначається на їх продуктивності. Для ґрунтів Херсонської області води Каховського водосховища по показнику рН відносяться до II класу – «обмежено придатним для зрошення» – і використання їх вимагає вживання комплексу прийомів, які застерігають деградацію ґрунтів, а саме внесення в ґрунт гіпсу або фосфогіпсу дозою 4–5 т/га один раз на 4-5 роки.

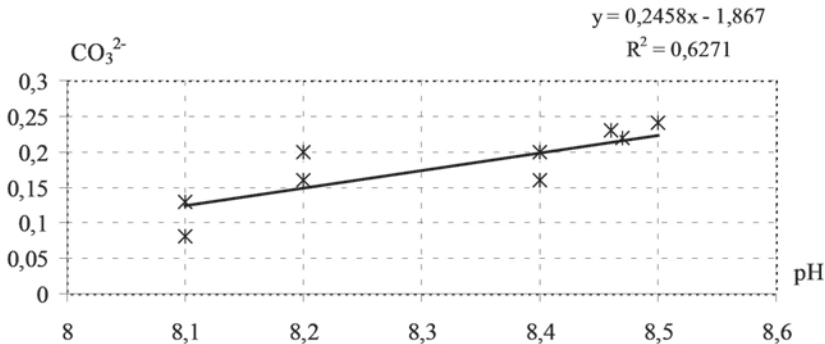


Рис. 5. Залежність між рН та CO_3^{2-} у поверхневих водах Каховського водосховища (середні дані за 2015-2018 рр.)

Висновки.

1. Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення мінералізації поверхневих вод з 0,30 г/дм³ (1938 рр., р. Дніпро до заповнення чаші водосховища) до 0,43 г/дм³ (2018 р., Каховське водосховище). За цей самий період відбувається збільшення середньої температури повітря за вегетаційний період (IV-X місяці) з 15,9°C (1938 р.) до 20,5°C (2018 р.). Визначена залежність між температурою повітря за вегетаційний період а мінералізацією

поверхневих вод. Збільшення температури повітря на $1,0^{\circ}\text{C}$ призводить до підвищення мінералізації поверхневих вод на $0,03 \text{ г/дм}^3$, що підтверджено логарифмічним рівнянням а коефіцієнтом кореляції.

2. Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення лужності (рН) поверхневих вод з 7,6 (1960 р.), до 8,05 (2018 р.). У результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності. У зарегульованих магістральних каналах лужність води підвищена (величина рН досягає 8,3–8,5). Це обумовлено слабкою течією води та застійними явищами, що сприяє розвитку водоростей та фітопланктону. При досягненні лужності води критичних меж, потрібно виконувати заходи по її хімічної меліорації.

3. При величині рН більше 8,2–8,3 у воді з'являється карбонатна сода (CO_3^{2-}), зміст якої при рН 8,5–8,6 досягає критичних меж для зрошувальних вод – $0,24\text{--}0,30 \text{ мг-екв/дм}^3$. Такі несприятливі для поливів сільськогосподарських культур характеристики має вода Каховського водосховища протягом найінтенсивнішого водозабору в магістральні канали – з квітня по липень включно.

4. Зрошувальна вода Каховського водосховища відноситься до II класу – «обмежено придатна» по лужності і повинна використовуватися при обов'язковому здійсненні комплексу заходів щодо попередження деградації зрошуваних ґрунтів.

HYDROCHEMICAL MODE OF SURFACE WATERS UNDER CLIMATE CHANGE IN THE SOUTHERN REGION OF UKRAINE

Morozov O.V. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

Morozova O.S. – Candidate of Sciences (Economics), Associate professor,

Kerimov A.N. – Candidate of Sciences (Agricultural Sciences), Associate professor

Kherson State Agrarian University,

morozov-2008@ukr.net, lena_morozova2015@ukr.net, alihocakerim@smail.com

One of the reasons for the need to refine the existing, and in many cases the formation of, new scientific approaches to the organization of water use and land irrigation in Ukraine is the global climate change and the ever-growing shortage of suitable water resources. Climate change causes deterioration of surface water quality and limits its suitability for agronomic criteria.

It is determined that during the period of operation of the Kakhovka reservoir there is a tendency to increase the mineralization of surface water from $0,30 \text{ g/dm}^3$ (1938 year, the Dnieper River to the filling of the reservoir bowl)

to 0,43 g/dm³ (2018 year, the Kakhovka reservoir). During the same period, the average air temperature for the growing season increased from 15,9°C (1938 year) to 20,5°C (2018 year). The dependence between the air temperature during the growing season and the mineralization of surface water has been determined. Increasing the air temperature by 1,0°C leads to an increase in surface water mineralization by 0,03 g/dm³, which is confirmed by the logarithmic equation.

It is determined that during the period of operation of the Kakhovka reservoir there is a tendency to increase the alkalinity (pH) of surface water from 7,6 (1960 year) to 8,05 (2018 year).

As a result of increasing the temperature and increasing solar activity, photosynthetic activity of phytoplankton and higher aquatic vegetation increases. In regulated trunk channels, the alkalinity of water is increased (pH reaches 8,3–8,5). This is due to weak water flow and stagnation.

As a result of increasing the temperature and increasing solar activity, photosynthetic activity of phytoplankton and higher aquatic vegetation increases. When reaching the alkalinity of water of critical limits, it is necessary to take measures for its chemical reclamation. At pH greater than 8,2–8,3 carbonate baking soda (CO₃²⁻) appears in water, the content of which at pH 8,5–8,6 reaches critical limits for irrigation water – 0,24–0,30 mg-eq/dm³. Such unfavorable for irrigation of crops characteristics has water of the Kakhovka reservoir during the most intensive water intake into the main channels – from April to July inclusive. The irrigation water of the Kakhovka reservoir belongs to the class II – "limited suitable" in alkalinity and should be used in the obligatory implementation of a set of measures to prevent the degradation of irrigated soils.

Keywords: hydrochemical regime, surface water quality, climate change, irrigation system.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово–агрохімічні аспекти: колективна монографія. За наук. ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, Б.С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
2. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. За ред. В.А. Сташука, С.А. Балюка, М.І. Ромащенко. Київ : Аграрна наука, 2009. 624 с.
3. Ромащенко М.І. Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні. НААН України, Ін-т вод. пробл. і меліорації. К.: Аграр. наука, 2012. 28 с.
4. Морозов В.В., Морозов О.В., Ченіна Н.О., Козленко Є.В. Обґрунтування критеріїв якості поливної води для ґрунтів Інгулецького зрошуваного масиву. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 99. С. 88–93.
5. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В., Кабаченко А.І. Методичні підходи щодо оцінки якості поверхневих та ґрунтових вод в системі

- еколого-меліоративного моніторингу (на прикладі Інгулецького зрошуваного масиву). *Водні ресурси: Сільськогосподарські науки*. 2019. № 2. С. 45–55.
6. Kanwar J., Kanwar B. Quality of irrigation water. IX Intern. Congress of Soil Science. 1968. 4. pp. 391–401.
 7. Ващенко Ю.І., Цілінко М.І., Дахновський В.І. Покращення якості води в екосистемі Каховського магістрального каналу біологічним шляхом. *Водне господарство України*, 2006, № 5.
 8. Гидробиология каналов Украинской ССР. К.: Наукова думка, 1990.
 9. Денисова О.І., Майстренко Ю.Г. Гідрохімія Каховського водоймища. К.: АН УРСР, 1962.
 10. ДСТУ 2730:2015. Якість доквілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015.
 11. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
 12. Исаев А.И., Карпова Е.И. Рыбное хозяйство водохранилищ. М.: Агропромиздат, 1989.
 13. Окслюк О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. К.: Наукова думка, 1986.
 14. Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. Цветение воды и евтрофирование. К.: Наукова думка, 1978.

REFERENCES

1. Baliuk S.A., Medvediev V.V., Nosko B.S. (2018) *Adaptatsiia ahrotekhnolohii do zmin klimatu: gruntovo-ahrokhimichni aspekty: kolektyvna monohrafiia* [Adapting agrotechnologies to climate change: soil-agrochemical aspects: collective monograph]. Kharkiv: Stylna typohrafiia. [in Ukrainian].
2. Stashuk V.A., Baliuk S.A., Romashchenko M.I. (2009) *Naukovi osnovy okhorony ta ratsionalnoho vykorystannia zroshuvanykh zemel Ukrainy* [Scientific fundamentals of protection and rational use of irrigated lands of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian].
3. Romashhenko M.I. (2012). *Naukovi zasady rozvytku zroshennja zemel' v Ukraini*. [Scientific principles of land irrigation development in Ukraine]. NAAN Ukrai'ny, In-t vod. probl. i melioracii'. Kyiv: Agrarna nauka. [in Ukrainian].
4. Morozov V.V., Morozov O.V., Chenina N.O., Kozlenko E.V. (2018). *Obg'runtuvannja kryterii'v yakosti polyvnoi' vody dlja g'runtiv Ingulec'kogo zroshuvanogo masyvu* [Substantiation of irrigation water quality criteria for Soils of Ingulets irrigated massif]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk*. no. 99. pp. 88–93. [in Ukrainian].

5. Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko E.V., Kabachenko A.I. (2019). *Metodychni pidhody shhodo ocinky jakosti poverhnevyyh ta g'runtovyh vod v systemi ekologo-melioratyvnogo monitoryngu (na prykladi Ingulec'kogo zroshuvanogo masyvu)*. [Methodical approaches to the estimation of surface and groundwater quality in the system of ecological-reclamation monitoring (on the example of the Ingulets irrigated massif)]. *Vodni resursy: Sil's'kogospodars'ki nauky*. no. 2. pp. 45–55. [in Ukrainian].
6. Kanwar J., Kanwar B. (1968). Quality of irrigation water. IX Interm. Congress of Soil Science. no. 4. pp. 391–401.
7. Vashhenko Ju.I., Cilynko M.I., Dahnovs'kyj V.I. (2006). *Pokrashhennja jakosti vody v ekosystemi Kahovs'kogo magistral'nogo kanalu biologichnym shljahom*. [Biological improvement of water quality in the ecosystem of the Kakhovka main canal]. *Vodne gospodarstvo Ukrainy*. no. 5. [in Ukrainian].
8. Hydrobiology of channels of the Ukrainian SSR. (1990). Kyiv: Scientific Thought. [in Russian].
9. Denysova O.I., Majstrenko Ju.G. (1962). *Gidrohimiya Kahovs'kogo vodojmyshha* [Hydrochemistry of the Kakhovka reservoir]. Kyiv: The USSR Academy of Sciences. [in Ukrainian].
10. *The quality of the environment. Quality of natural water for irrigation. Agronomic criteria* (2015). DSTU 2730:2015. Kyiv. Ministry of Economic Development of Ukraine. [in Ukrainian].
11. Zenin A.A., Belousova N.V. (1988). *Gidrohimicheskij slovar'*. [Hydrochemical Dictionary]. Leningrad : Gidrometeoizdat. [in Russian].
12. Isaev A.I., Karpova E.I. (1989). *Rybnoe hozjajstvo vodohranilishh*. [Fisheries reservoirs]. Moscow : Agropromizdat. [in Russian].
13. Oksijuk O.P., Stol'berg F.V. (1986). *Upravlenie kachestvom vody v kanalah*. [Water quality management in canals]. Kyiv : Naukova dumka. [in Russian].
14. Sirenko L.A., Gavrilenko M.Ja. (1978). *Cvetenie vody i evtrofirovanie*. [Water flowering and eutrophication]. Kyiv : Naukova dumka. [in Russian].