

УДК 631.67: 543.3

АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВОДИ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ ПРИ ПРОМИВКАХ РУСЛА р. ІНГУЛЕЦЬ ДНІПРОВСЬКОЮ ВОДОЮ

Р.Ю. Коваленко, П.И. Ковальчук

Інститут водних проблем і меліорації НААН України

romchik89@ukr.net

За даними моніторингу якості води для зрошення проведено порівняльний аналіз ефективності різних методів управління промивкою р. Інгулець. Для формалізації системної моделі прийняття рішень використовується модель нейронної мережі. Показано, що в результаті промивок дніпровською водою за другим методом управління спостерігається зниження вмісту хлоридів, за агрономічними показниками поліпшується якість води від «непридатної» до «обмежено придатної» для зрошення.

Ключеві слова: методи управління, нейронна мережа, системна модель, якість води для зрошення, графічний аналіз.

According to the monitoring of water quality for irrigation the comparative analysis of the efficiency of different control practices of flushing the Inhulets river has been done. For formalize the system decision-making model a neural network is used. It is shown that as a result of flushing with Dnieper water using the second control method it is observed a decrease in chloride content, according to the agronomic factors water quality intended for irrigation improves from "unsuitable" to "limited suitable".

Keywords: management techniques, neural network, the system model, the quality of water for irrigation, graphical analysis.

По данным мониторинга качества воды для орошения проведен сравнительный анализ эффективности различных методов управления промывкой р. Ингулец. Для формализации системной модели принятия решений используется модель нейронной сети. Показано, что в результате промывок днепровской водой по второму методу управления наблюдается снижение содержания хлоридов, по агрономическим показателям улучшается качество воды от «непригодной» до «ограниченно пригодной» для орошения.

Ключевые слова: методы управления, нейронная сеть, системная модель, качество воды для орошения, графический анализ.

Постановка задачі. Багаторічна господарська діяльність у басейні р. Інгулець призвела до значного погіршення природного гідрологічного, гідрохімічного і гідробіологічного режиму, а також здатності до самовідновлення [1].

У нижній течії р. Інгулець вода забирається на зрошення Інгулецької і Явкінської зрошувальних систем. Однак, внаслідок скидів забруднюючих речовин промисловими підприємствами, якість використовуваної води для зрошення не завжди задовольняє вимогам за екологічними [2] і агрономічними [3] критеріями. Це потребує аналізу якості води при різних методах управління за багаторічними даними моніторингу в системі Держводагентства України.

Зокрема, в період з 2001 по 2010 рр., для покращення якості поливної води на зрошувальних системах було покладено конкретне технічне рішення: початок промивки 1 - 16 квітня з витратами води з Карачунівського

водосховища 20 – 30 м³/с впродовж 30 діб; в подальшому змішування дніпровської та інгулецької води (метод управління «антирічка») внаслідок перевищення рівня води в р. Дніпро над рівнем води в р. Інгулець. Щорічно з Карачунівського водосховища скидалось 60-50 млн. м³ води, якість води Інгульця при цьому за вмістом хлоридів складала 260-350 мг/дм³. За такої схеми управління вже через 12 – 14 діб промивна вода задовільної якості з Карачунівського водосховища добігає до створу головної насосної станції (ГНС) забору води на зрошення. Суттєвим недоліком такого методу управління є те, що високомінералізована інгулецька вода (вміст хлоридів 900-1200 мг/дм³) підходить до ГНС зверху слідом за промивною водою раніше, ніж підтягується знизу до створу ГНС «антирічкою» дніпровська вода. Отже можливості управління якістю води за допомогою методу управління «антирічка» були фактично вичерпані [4].

Для поліпшення екологічного стану та забезпечення нормативної якості водо для зрошення сільськогосподарських угідь був запропонований другий метод управління – «промивка здійснюється протягом усього (літньо-осіннього) вегетаційного періоду» дніпровською водою, яка подається каналом Дніпро-Інгулець. Промивка здійснюється з 2011-2012 рр., обсяг річної водоподачі з наступним скиданням з Карачунівського водосховища складає більше 120 млн. куб. м, у тому числі 100 млн. куб. м за рахунок підприємств Кривбасу [1].

Ставиться задача провести аналіз за даними моніторингу Держводагентства ефективності другого методу управління і дати оцінку, наскільки поліпшується екологічна ситуація в басейні р. Інгулець. Зокрема, чи забезпечується подача води нормативної якості на зрошення сільськогосподарських угідь у Миколаївській та Херсонській областях.

Формалізація системної моделі. Аналіз якості води проведено за даними моніторингу Держводагентства України в окремих пунктах вимірювання (рис. 1).

Для формалізації системної моделі прийняття рішень найбільш адекватною представляється модель нейронної мережі [5], особливістю якої є ансамбль формальних нейронів, що взаємодіють на рівні басейну.

При оцінюванні якості зрошувальної води виділяють три класи: I – «придатна»; II – «обмежено придатна»; III – «непридатна».

Враховуючи, що якість води для зрошення характеризується згідно нормативних документів за екологічними [2] та агрономічними критеріями [3], а класи визначаються на основі обмежень у вигляді нерівностей (порогових елементів), логіко-математичну модель нейрона для разових концентрацій показника можна представити:

$$A(S_{ij}) = \begin{cases} I \text{ клас} - \text{"придатна"}, \text{ якщо } P_{ij}^1 \leq S_{ij} \leq P_{ij}^2 \\ II \text{ клас} - \text{"обмежено придатна"}, \text{ якщо } P_{ij}^2 \leq S_{ij} \leq P_{ij}^3 \\ III \text{ клас} - \text{"непридатна"}, \text{ якщо } P_{ij}^3 \leq S_{ij} \leq P_{ij}^4, \end{cases} \quad (1)$$

де $A(S_{ij})$ – визначає клас показника;

$i=1,2$ оцінки відповідно за екологічними або агрономічними критеріями;

$j \in [1; n_1] \cup [1; n_2]$ – порядковий номер екологічних або агрономічних

критеріїв;

n_1, n_2 відповідна їх кількість;

$P_{ij}^1, \dots, P_{ij}^4$ – обмеження для класифікації показників.

Взаємодія S - та A -елементів між собою в межах нейронної мережі (рис. 1) реалізує інтегровані оцінки якості води (числові, графічні, логіко-лінгвістичні).

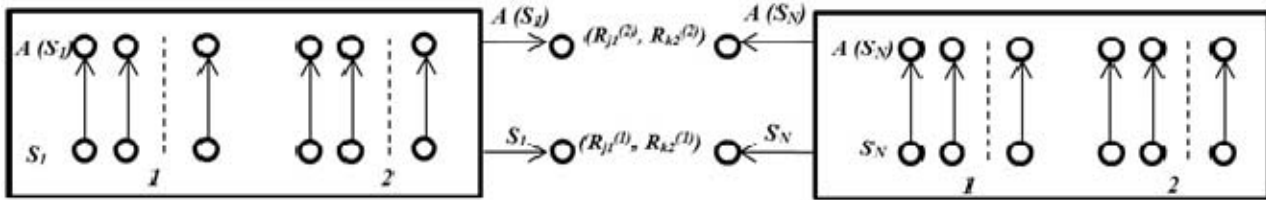


Рис. 1. Схема оцінки якості води для зрошення за ансамблем нейронів:

1 - за агрономічними критеріями; 2 - за екологічними критеріями.

Згідно структурної схеми, нейронної мережі (рис. 1), на першому рівні ієрархії пред'являються гідрохімічні показники якості, представлені вектором їх концентрацій: для екологічних показників (S_{11}, \dots, S_{1n_1}); для агрономічних показників (S_{21}, \dots, S_{2n_2}). На основі сенсорних елементів кожної точки вимірювань визначається вектор класів нейронної мережі $A(S)$ для $S - A$ зв'язків в N точках (пунктах) вимірювань. Вимірювання проводиться для $m = n_1 + n_2$ показників.

Згідно схеми ансамблем нейронів формуються вирішуючі функції (R -функції) у вигляді векторів: $R_{j1}^{(1)} = (S_{j1}, \dots, S_{j,N})$, $j=1, \dots, n_1$ – вектор абсолютних значень j -го екологічного показника; $R_{k1}^{(1)} = (S_{k1}, \dots, S_{k,N})$, $k=n_1+1, \dots, m$ – вектор абсолютних значень k -го агрономічного показника; $R_{j1}^{(2)} = (A(S_{j1}), \dots, A(S_{j,N}))$, $R_{k2}^{(2)} = (A(S_{k,n_1}), \dots, A(S_{k,N}))$, $j=1, \dots, n_1$, $k=n_1+1, \dots, m$ – відповідні вектори значень класів за екологічними та агрономічними показниками. Кожний вектор зображується графічно і дає можливість системно оцінити значення показника вздовж русла річки в певній послідовності.

Якість води для зрошення за екологічними критеріями. Порівняння двох технологічних схем управління проводиться за середніми значеннями критеріїв в 2006 – 2010 рр. (при відсутності промивок) та в 2011 - 2012 рр. (при проведенні промивок). За даними моніторингу Держводагентства вимірюються такі показники: залізо (Fe); марганець (Mn); цинк (Zn); мідь (Cu); нікель (Ni); хром (Cr^{3+}); кобальт (Co); свинець (Pb); кадмій (Cd).

Аналіз внутрішньорічної динаміки зміни якості води проведено з урахуванням трьох періодів протягом року: перший період - лютий-березень; другий період - червень, липень, серпень; третій період - вересень-жовтень. Промивання дніпровською водою з Карачунівського водосховища, витратою 20-30 м³/с, здійснюється тільки в другий період.

Дослідження в басейні р. Інгулець, як правило, починають зі зміни в часі елементів в окремих характерних точках вимірювань. Ці виміри показують, що за концентраціями марганцю (Mn) вода належить до першого класу, тобто вода є «придатною» для зрошення. Проте в період промивки з 2011-2012 рр. за середніми показниками якість води покращилась, тобто промивка дійсно дієва і покращує якість води за абсолютними значеннями критеріїв оцінки (рис. 2, 3).

1. вище впадіння балки Грушеватої, 301,0 км
2. гирло обвідного каналу Криворізького металургійного к-ту, 298,0 км
3. с. Андріївка, 269,0 км
4. с. Архангельське, 210,0 км
5. с. Калінінське, 124,0 км
6. Інгулецька ЗС, м. Снігурівка, 83,0 км
7. с. Дар'ївка, 20,0 км

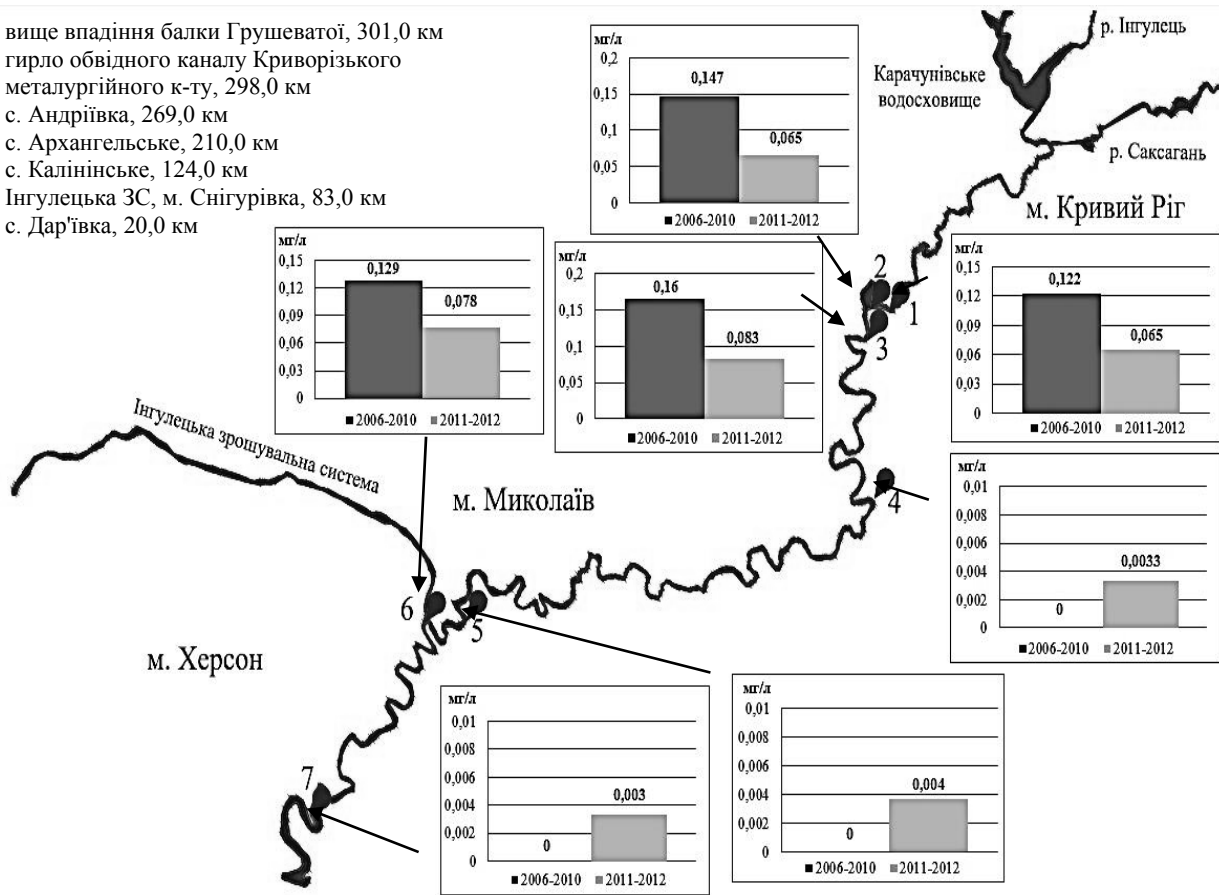


Рис. 2. Схема розміщення точок відбору проб вздовж русла р. Інгулець за показником марганцю (Mn)

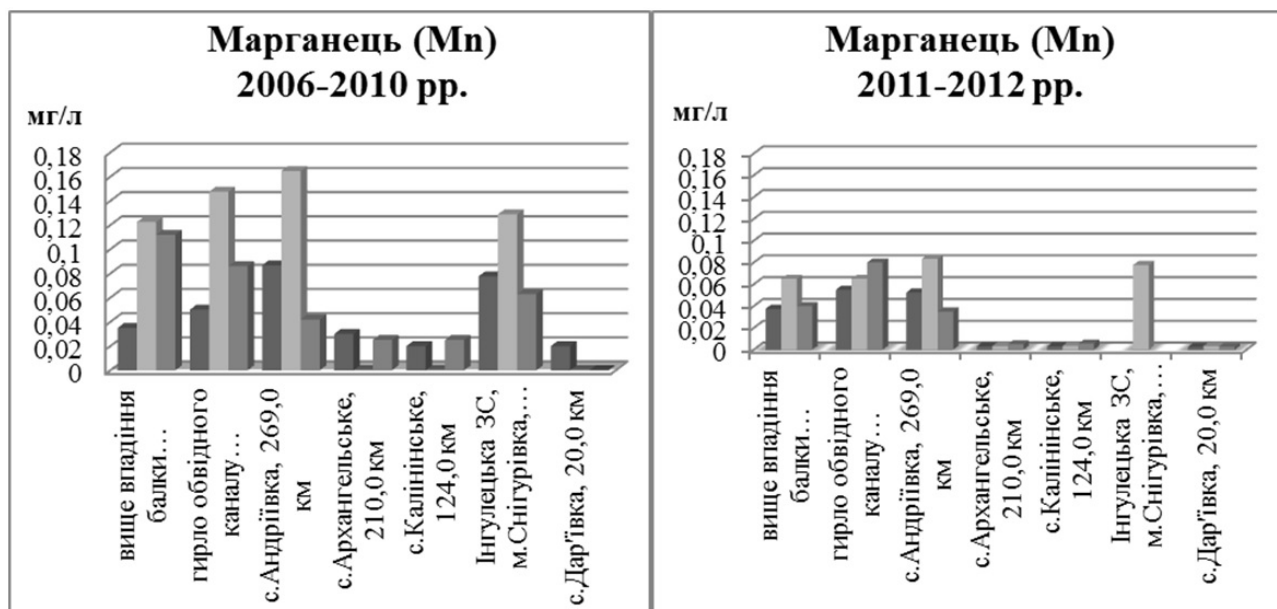


Рис. 3. Порівняльна характеристика екологічних критеріїв якості води для зрошення вздовж русла р. Інгулець, за показником марганцю (Mn), в різні роки (2006-2010 рр. - до промивки; 2011-2012 рр. - при проведенні промивок)

Щодо інших показників, то вони належать до першого класу (вода є «придатна» для зрошення), показники практично не змінюються, як до промивки, так і в період промивки.

Якість води для зрошення за агрономічними критеріями.

Дослідження багатьох авторів показали, що найбільш небезпечним забруднювачем води для зрошення в р. Інгулець є вміст хлоридів, що надходять зі стічними водами підприємств Криворізького промислового басейну [6].

В процесі використання води з підвищеним вмістом хлоридів відбувається содове засолення ґрунтів, що неприпустимо, оскільки суттєво знижується родючість ґрунту, або такі ґрунти повністю виходять з сільськогосподарського використання.

На підставі порівняльного аналізу просторової динаміки показника вмісту аніон-хлору вздовж русла річки виявлено (рис. 4), що після проведення промивок дніпровською водою згідно нового методу управління вода для зрошення змінюється від переважно «непридатною» до «обмежено придатної». Таким чином, спостерігається покращення якості води при проведенні промивок дніпровською водою. В інші періоди дослідження, без проведення промивок, якість води залишається незадовільною, тобто вода є «непридатна» для зрошення (рис. 4).

Аналіз вмісту у воді інших елементів (HCO_3^- , рН) за агрономічними критеріями не підтверджує ефективності проведення промивок.

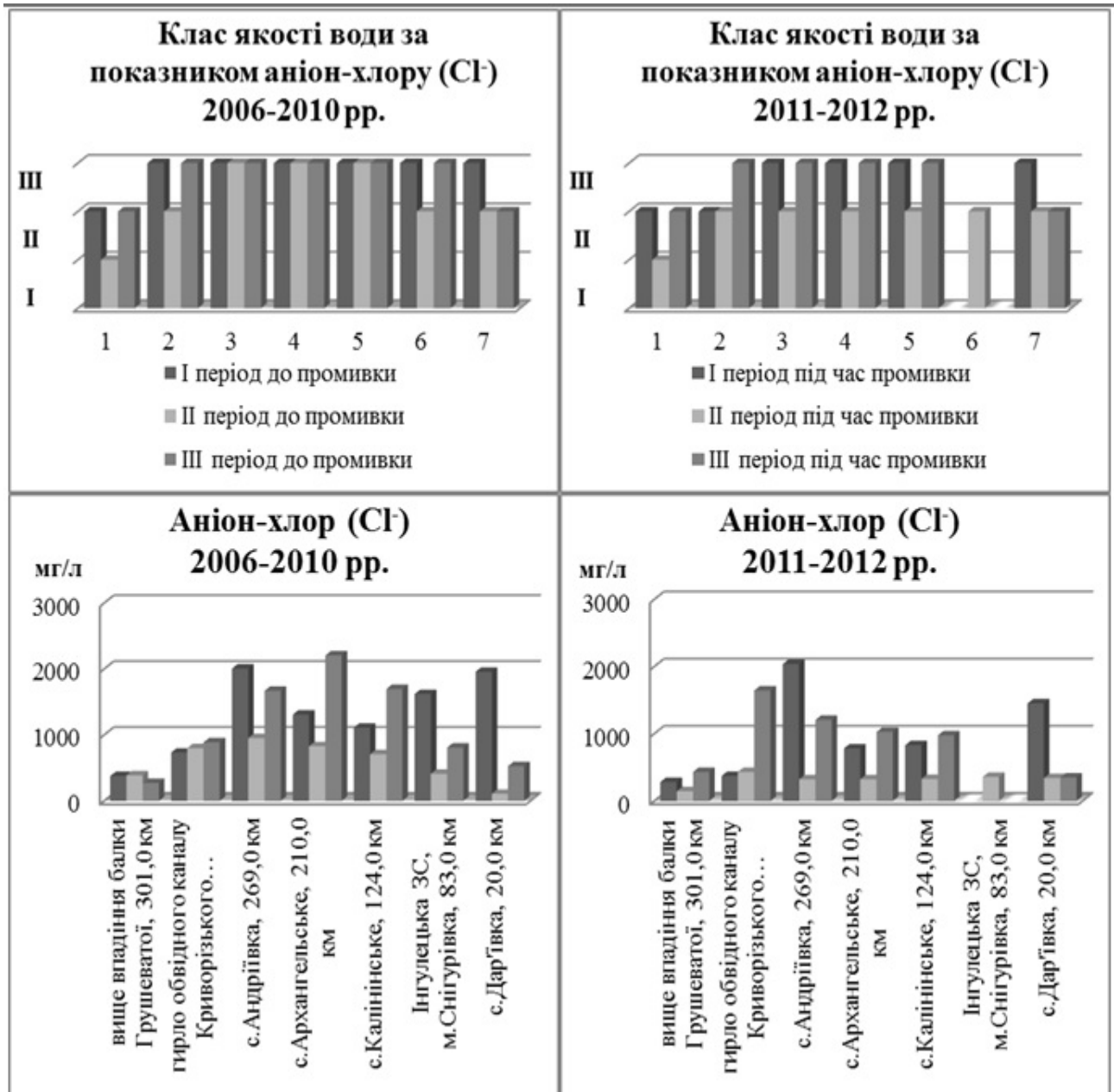


Рис. 4. Порівняльна характеристика агрономічних критеріїв якості води для зрошення вздовж русла р. Інгулець, за показником аніон-хлору (Cl⁻), в різні роки (2006-2010 рр. - до промивки; 2011-2012 рр. - при проведенні промивок)

Висновки

Проведене порівняння ефективності двох методів управління в період з 2006-2010 рр. (при відсутності промивок) і в період з 2011-2012 рр. (при проведенні промивок) дозволило оцінити якість води та її придатність для цілей зрошення при застосуванні цих методів управління для промивки русла р. Інгулець дніпровською водою.

Дослідження якості води за екологічними критеріями показали, що вздовж русла р. Інгулець в роки досліджень якість води для зрошення практично не змінюється і відповідає першому класу. Таким чином промивка дніпровською водою майже не впливає на клас якості води стосовно екологічних критеріїв.

Аналіз якості води за агрономічними критеріями показав, що в результаті промивки спостерігається зменшення вмісту аніон-хлору (Cl⁻), промивка сприяє поліпшенню якості води від «непридатної» до «обмежено придатної». Інші показники за агрономічними критеріями залишаються без зміни: як до проведення промивки, так і після, вода залишається в межах другого класу і є «обмежено придатною» для зрошення.

Список використаної літератури

1. Бурлака В. Промивка р. Інгулець у 2011 році/ В. Бурлака // Водне господарство України. – 2011. – №5. – С.17–18.
2. ДСТУ 7286:2012 Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013. – 14 с.
3. ДСТУ 2730-94 Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії – К.: Держстандарт України, 1994. – 14 с.
4. Козленко Є. В. Вплив умов формування якості поливної води на еколого-агромеліоративних стан ґрунтів Інгулецького зрошувального масиву : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня каед. с.-г. наук : спец. 06.01.02/ Козленко Євгеній Володимирович ; Херсон ХДАУ – Херсон, 2013. – 20.
5. P. Kovalchuk, A. Gerus, V Kovalchuk Perceptron Model of System Environmental Assessment of Water Quality in River Basins / 4 International conference on inductive modeling September 16-20, 2013, Kyiv (ICIM-2013).
6. Балюк С. Моніторинг еколого-агромеліоративного стану земель інгулецької зрошувальної системи і напрями їх подальшого використання / Балюк С., Ладних В., Солоха М., Афанасьєв Ю., Недоцюк О., Макарова Г., Говтва С., Максимов П. // Водне господарство України. – 2011. – №4. – С.20–24.