

**АНАЛІЗ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ДЖЕРЕЛ В БАСЕЙНІ РІЧОК
ДНІПРО І ДНІСТЕР ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАСЕЛЕННЯ ДОБРОЯКІСНОЮ ВОДОЮ**

Хоружий В.П., д.т.н., професор,
Київський національний університет будівництва та архітектури
horuji@ukr.net

Василюк А.В., к.т.н., доцент,
Недашковський І.П., к.т.н., доцент,
Одеська державна академія будівництва і архітектури
pk-ogasa@ukr.net

Анотація. Охарактеризована сучасна водно-екологічна ситуації в Україні. Приведена класифікація поверхневих вод за їх якість води. Проведено аналіз стану водних джерел України в районі басейнів річок Дніпро та Дністер. Встановлено, що якість води в поверхневих водних джерелах за своїми характеристикам наближається до якості слабо концентрованих стічних вод. Традиційна технологія водопідготовки не здатна забезпечити якість питної води, що відповідає нормативу. Запропоновано використання біологічних методів очищення поверхневих вод для господарсько-питного водопостачання. Основними спорудами водопідготовки є – біореактор і контактено-прояснювальний фільтр. При транспортування води на значну відстань запропоновано використовувати децентралізовану систему водопостачання, при якій на головній станції водопідготовки очищається вода до показників технічної води, а доочистка здійснюється біля споживачів.

Ключові слова: водопідготовка, забруднення поверхневих водних джерел, біологічні методи очищення, децентралізовані системи водопостачання.

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ
В БАСЕЙНАХ РЕК ДНЕПР И ДНЕСТР И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ ВОДОЙ**

Хоружий В.П., д.т.н., профессор,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры
horuji@ukr.net

Василюк А.В., к.т.н., доцент,
Недашковский И.П., к.т.н., доцент,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
pk-ogasa@ukr.net

Аннотация. Охарактеризована современная водно-экологическая ситуации в Украине. Приведена классификация поверхностных вод по их качеству воды. Проведен анализ состояния водных источников Украины в районе бассейнов рек Днепр и Днестр. Установлено, что качество воды поверхностных водных источников по своим характеристикам приближается к качеству слабо концентрированных сточных вод. Традиционная технология водоподготовки не способна обеспечить качество питьевой воды, которое соответствует нормативу. Предложено использование биологических методов очистки поверхностных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Основными сооружениями водоподготовки есть – биореактор и контактено-осветлительный фильтр. При транспортировке воды на значительное расстояние

предложено использовать децентрализованную систему водоснабжения, при которой на главной станции водоподготовки очищается вода к показателям технической воды, а доочистка осуществляется у потребителей.

Ключевые слова: водоподготовка, загрязнения поверхностных водных источников, биологические методы очистки, децентрализованные системы водоснабжения.

ANALYSIS OF THE STATE OF SURFACE WATER SOURCES IN THE DNIPRO AND DNIESTER RIVER BASINS AND THE WAYS OF SOLVING THE PROBLEM OF PROVIDING THE POPULATION WITH GOOD WATER

Horuzhi V.P., Doctor of Engineering, Professor,
Kiev National University of Construction and Architecture
xoruji@ukr.net

Vasilyuk A.V., PhD., Associate Professor,
Nedashkovsky I.P., PhD., Associate Professor,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
pk-ogasa@ukr.net

Abstract. The modern water-ecological situation in Ukraine is characterized. The classification of surface water by the quality of water is given. The analysis of the state of Ukraine's water sources in the Dnipro and Dniester river basins was carried out. It is established that the water quality of surface water sources is similar in its characteristics to the quality of slightly concentrated wastewater. Traditional water treatment technology is not able to provide the normative quality of drinking water. The use of biological methods for cleaning surface water for domestic and drinking water supply is suggested. The main water purification facilities are a bioreactor and a contact-lighting filter. When transporting water for a considerable distance, it is proposed to use a decentralized water supply system. At the main water treatment station, water is purified to the technical characteristics of the water. Additional water treatment is done by water consumers.

Keywords: pollution of surface water sources, biological purification methods, decentralized water supply systems.

Вступ. Нинішню водно-екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася протягом останніх десятиріч через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення водних ресурсів України. В умовах зростаючого дефіциту прісних вод, прогресуючого забруднення водних джерел неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами, зростаючої вартості матеріальних і енергетичних ресурсів, незадовільного забезпечення населення якісною питною водою актуальною є проблема встановлення закономірностей зміни якісних і кількісних показників природних вод. Відбувалися структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку в Україні сировино-видобувних галузей промисловості, які є найбільш екологічно небезпечними.

Всебічне забруднення навколишнього середовища, низький рівень екологічної свідомості суспільства, призвели до значної деградації довкілля України, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, повітря і земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих, у тому числі високотоксичних, відходів виробництва. Це призвело до різкого погіршення стану здоров'я людей, зменшення народжуваності та збільшення смертності, а це загрожує вимиранням і біологічно-генетичною деградацією народу України [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Майже 70% нині діючих систем водопостачання в Україні базуються на використанні води з поверхневих джерел. Однак зарегулювання стоку і посилення антропогенного навантаження на поверхневі води стало

причиною погіршення їх якості. Разом з тим, значно посилені нормативні вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 до якісних показників водопровідної води, а тому діючі технології водопідготовки не завжди здатні забезпечити необхідний санітарний захист населення та потрібну якість води. Будівництво споруд доочистки питної води на станціях водопідготовки призводить до здороження її вартості і при цьому не гарантує її якості при транспортуванні питної води на великі відстані.

Цілі і завдання. Оцінка екологічного стану поверхневих вод є складовою загальної оцінки водних об'єктів з метою визначення придатності їх для використання у різних господарських цілях. Вона здійснюється на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод [2].

Згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.98 р. “Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля [3] для об'єктивного вивчення антропогенного впливу на якісний стан водних ресурсів, отримання спеціальної інформації про джерела забруднення та їх вплив на водні об'єкти, з метою розробки науково обґрунтованих ефективних заходів, щодо поліпшення екологічного стану та якості поверхневих вод, були організовані систематичні спостереження за зміною якості води в часі і просторі.

Об'єкти і методи дослідження. Основні принципи організації і здійснення контролю за якістю природної води:

- комплексність і систематичність спостережень;
- узгодженість строків їх проведення з основними гідрологічними режимами;
- застосування переліку основних показників якості води та уніфікованих методів їх визначення.

Визначення кількісних показників якості води (склад, властивості) у пробах природних та стічних вод здійснюють за атестованими методиками відповідно до діючих стандартів.

Точність вимірювання показників складу і властивостей поверхневих вод повинна відповідати ГОСТ 27384-2002 [4]. Вимірювання якісних показників води проводять у відповідних для цього сертифікованих лабораторіях.

При комплексному використанні водойми оцінку якості води виконують шляхом порівняння нормативних показників з реальним станом водного об'єкта. У цьому разі за основу приймають ті нормативи якості води, до яких ставляться найбільш жорсткі вимоги.

Для формалізованої комплексної оцінки якості поверхневих вод використовують індекс забрудненості води (ІЗВ), який визначають за методикою [5], та методику екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями.

Під забрудненням розуміють збільшення вмісту тих чи інших компонентів порівняно з граничнодопустимими концентраціями (ГДК) [6]. Ступінь забруднення або коефіцієнт забруднення K_3 доцільно визначати за формулою:

$$K_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\phi i}}$$

де K_3 – коефіцієнт забруднення водойми домішками; C_i – вміст забруднюючих речовин, які контролюють; $C_{\phi i}$ – ГДК забруднюючих речовин у водоймі; n – кількість забруднюючих речовин, що контролюються.

Коефіцієнти забруднень поверхневих вод домішками для екологічної оцінки їх якості за відповідними категоріями приведені в таблиці 1.

Результати досліджень. Практично всі поверхневі джерела України в останні десятиріччя підпадають під суттєву дію антропогенних факторів. Найбільшу небезпеку для господарсько-питного господарства становлять [7]:

- 1) недостатньо очищені чи зовсім неочищені стічні води господарсько-фекальної і промислової каналізації, що вміщують органічні забруднення, СПАР, іони важких металів;
- 2) нафтопродукти, які надходять з промислових майданчиків та територій міської забудови;
- 3) зливні та талі води, що вміщують аналогічні види забруднень;

4) поверхневий стік від майданчиків тваринницьких ферм та комплексів і дренажні води з недостатньо ізольованих захоронень тварин та ставків-накопичувачів відходів виробництва;

5) змив з сільськогосподарських угідь продуктів мінеральних добрив і отрутохімікатів, які використовуються для захисту рослин.

Якість водних ресурсів в останні роки, незважаючи на істотне скорочення водоспоживання, постійно і значно погіршується.

Особливо складна ситуація спостерігається в басейнах річок Дніпро, Сіверський Донець, річок Приазов'я, окремих приток Дністра, Західного Бугу, північно-західної частини Чорного моря.

На основі визначення коефіцієнтів забруднення стоками поверхневих вод розроблені рекомендації для визначення класу їхньої якості.

Головним забруднювачем водних ресурсів є комунальне та сільське господарство, хімічна, металургійна та гірничодобувна промисловість.

У 2014 році у водні об'єкти України скинуто 8,7 млрд.м³ стічних вод, у тому числі 2,9 млрд.м³ забруднених, 3,9 млрд.м³ нормативно-чистих без очистки, 1,5 млрд.м³ нормативно очищених.

Особливо тривожним є те, що в останні роки зростають не тільки рівні забруднення скидів стічних вод, а й обсяги скидів стічних вод, які взагалі не очищаються.

На основі узагальнених даних моніторингових досліджень розробляють рекомендації щодо запобігання або мінімізації можливих негативних наслідків, а також заходи для оптимізації водокористування та зниження забрудненості і поліпшення санітарного стану водних об'єктів [8].

Таблиця 1 – Коефіцієнти забруднень поверхневих вод домішками для екологічної оцінки їх якості за відповідними категоріями

№ п/п	Показники якості води	С _ф (ГДК)	К _з для класу якості води				
			1 відмінна	2 добра	3 посередня	4 низька	5 погана
1	Загальна мінералізація, мг/дм ³	200	1	1,5-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	>7,5
2	Вміст сульфатів, мг/дм ³	10	1	3-6	6,1-18	18,1-50	>50
3	Вміст хлоридів, мг/дм ³	10	1	2-5	5,1-15	15,1-30	>30
4	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	8,0	1	0,95	0,9-0,8	0,5-0,6	<0,5
5	Завислі речовини, мг/дм ³	5	1	2-4	6-10	15-20	>20
6	Азот амонійний, мгN/дм ³	0,10	1	1,5-2	5-10	15-25	>25
7	Азот нітритний, мгN/дм ³	0,002	1	1,5-5	10-25	30-50	>50
8	Азот нітратний, мг/дм ³	0,2	1	1,5-2,5	3-5	6-12,5	>12,5
9	Загальний азот, мгN/дм ³	1,0	1	1,1-2	2,1-6	6,1-10	>10
10	Вміст фосфору, мгP/дм ³	0,015	1	1,5-4	8-10	14-20	>20
11	Вміст вуглецю, мгC/дм ³	3,0	1	1,5-2,5	3-6,5	7-10	>10
12	Перманганатна окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	3,0	1	1,5-2,5	3-5	5,1-6,5	>6,5
13	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	1,0	1	1,1-2,1	2,2-7	7,1-12	>12
14	Залізо загальне, мг/дм ³	0,2	1	1,1-5	5,1-10	10,1-20	>20
15	Марганець, мг/дм ³	0,01	1	1,5-5	5,1-50	51-125	>125
16	Фториди, мг/дм ³	0,10	1	1,1-1,5	1,6-5,0	5,1-10	>10
17	Нафтопродукти, мг/дм ³	0,01	1	1,1-5	5,1-20	20,1-30	>30
18	Сумарна бета-активність, 10 ⁻¹² Ки/дм ³	4,4	1	1,1-1,8	2-30	35-60	>60
19	Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	0,5	1	1,1-4	4,1-20	20,1-100	>100

В результаті багаторічних досліджень якості води в річках Дніпро та Дністер було встановлено (таблиця 2), що зменшення каламутності води у Дніпрі та збільшення її кольоровості і хімічного споживання кисню порівняно з водою Дністра пояснюється зарегулюванням течії Дніпра, що призвело до збільшення вмісту фітопланктону та зменшення розчиненого кисню у воді.

Таблиця 2 – Зміни основних показників якості води в Дніпрі і Дністрі на протязі 2006–2016 рр.

№ п/п	Найменування показників якості води	Один. вимір.	Зміни показників на протязі часу t, роки від 2006 року	
			Дніпро	Дністер
1	Каламутність, м	мг/дм ³	1,9+0,12t	36-0,21t
2	Колірність, Ц	°ПКШ	78-0,08t	42-0,34t
3	Хімічне споживання кисню, ХСК	мг/дм ³	11,1+0,31t	6,4+0,03t
4	Розчинний кисень, O ₂	мг/дм ³	8,7-0,13t	10-0,05t
5	Залізо, Fe	мг/дм ³	0,31-0,007t	0,55-0,025t
6	Марганець, Mn	мг/дм ³	0,0518+0,001t	0,02-0,0003t
7	pH води		8,29-0,014t	8,3-0,07t
8	Нітрати, NO ₃	мг/дм ³	1,5-0,05t	5,5-0,15t

Моніторинг якості води поверхневих водойм свідчить про те, що незважаючи на значний спад промислового виробництва в останні роки та зменшення у зв'язку з цим скидом у водойми стічних вод, в країні має місце тенденція до погіршення екологічного стану водойм I та II класу як за санітарно-хімічними, так і за санітарно-мікробіологічними показниками.

Дослідження якості поверхневих водойм свідчать про їх забруднення неочищеними та недостатньо очищеними стоками з перевантажених каналізаційних очисних споруд, які в більшості знаходяться у незадовільному технічному стані, порушення процесів самоочищення водойм внаслідок штучно утворених водосховищ та порушення режиму їх експлуатації. на сьогодні практично всі водойми за рівнем забруднення наблизились до III класу.

Нині в Україні склалася ситуація, за якою практично всі поверхневі, а в окремих регіонах і підземні води за рівнем забрудненості не відповідають вимогам санітарного законодавства і не можуть використовуватись як джерела водопостачання при використанні традиційних технологій водопідготовки.

Оскільки питне водопостачання України майже на 70% забезпечується з поверхневих джерел, екологічний стан поверхневих водних об'єктів і якість води в них є вирішальними чинниками санітарного та епідеміологічного благополуччя населення [9].

На даний час поверхневі води є по суті слабо концентрованими стічними водами, то для очищення природних вод слід застосовувати біологічні методи, тобто ті ж підходи, що й для доочищення стічних вод.

Для інтенсифікації роботи водоочисних споруд у системах водопостачання запропоновано здійснювати такі заходи:

- аераційна обробка вихідної води;
- раціональне використання хімічних реагентів для обробки води;
- контактна коагуляція домішок води в зернистому завантаженні;
- початкова «зарядка» фільтрів та раціональне дозування коагулянтів;
- використання сил гравітації при висхідному русі скоагульованої води через плаваюче фільтрувальне завантаження;
- очистка природних вод біологічними методами за допомогою прикріплених гідробіонтів у біореакторах з тонковолокнистим завантаженням.

Під час реконструкцій водоочисних станцій для інтенсифікації процесів водопідготовки з поверхневих джерел в системах водопостачання доцільно застосовувати технологічну схему водоочисної станції з біореакторами і контактними прояснювальними фільтрами.

Основні споруди для водопідготовки приведені на рис. 1.

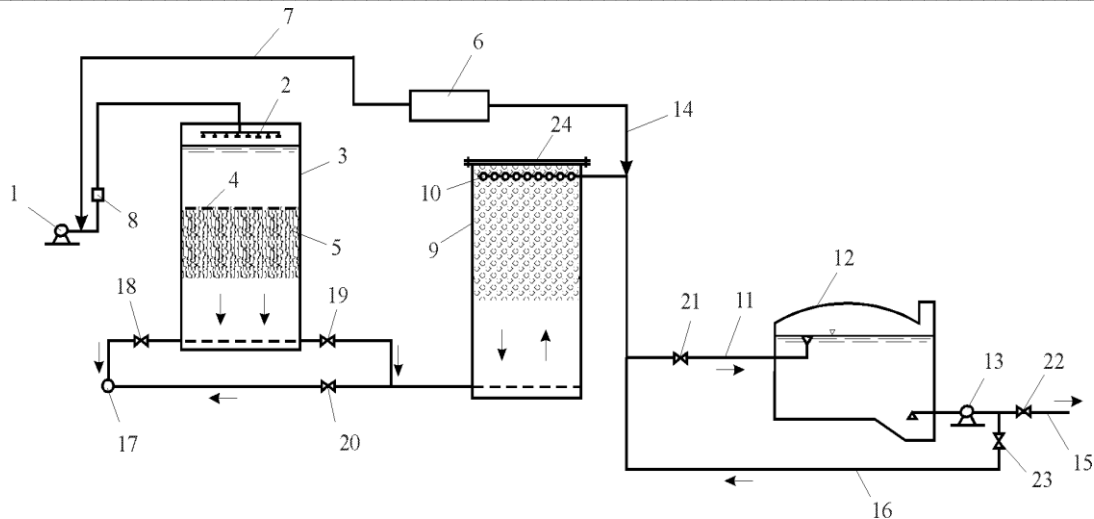


Рис. 1. Технологічна схема основних споруд для підготовки питної води з поверхневих водних джерел: 1 – насосна станція для подачі вихідної води; 2 – аератор; 3 – біореактор; 4 – решітка; 5 – волокнисте завантаження; 6 – реагентний цех; 7 – подача реагентів для коагуляції води; 8 – шайбовий змішувач; 9 – напірний контактньо-прояснювальний фільтр з пінополістирольним завантаженням; 10 – ковпачковий дренаж; 11 – відведення очищеної води; 12 – РЧВ; 13 – насосна станція; 14 – подача гіпохлориту натрію для знезараження води; 15 – подача води споживачам; 16 – подача води на промивку; 17 – каналізаційна труба; 18-23 – засувки; 24 – кришка

Допоміжні споруди та обладнання підбираються в залежності від характеру забруднень, які перевищують граничнодопустимі концентрації у поверхневому водному джерелі.

На сході і півдні України для забезпечення населених пунктів питною водою широко використовуються групові водопроводи. На водоочисній станції воду для всіх потреб вимушені очищати до якості питної води згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», хоча її витрачається для питних потреб не більше 10-15%. При транспортуванні води на великі відстані її якість погіршується і не відповідає державному стандарту [10].

Враховуючи, що в державному стандарті посилені вимоги до якості питної води I-ої категорії (водопровідної, з пунктів розливу та бюветів), та з метою ресурсозбереження задачу забезпечення високої якості споживаної питної води при зменшенні загальної вартості системи водопостачання з поверхневих водних джерел і питомої вартості очищеної води можна вирішити в децентралізованих системах господарсько-питного водопостачання шляхом розділення очищеної води на технічну і питну.

До технічної води децентралізованого господарсько-питного водопроводу (ДГПВ) ставлять такі основні вимоги:

- цю воду готують на головних спорудах водопроводу з витратою 100% його продуктивності;
- за всіма показниками якості вода повинна відповідати гігієнічним вимогам ДСанПіН для питної води II-ої категорії (з колодязів та каптажів);
- мати невелику собівартість.

Отже, продуктивність головних споруд ДГПВ становить:

$$Q_p = Q_t + Q_{п}, \quad \text{м}^3/\text{добу},$$

де Q_t і $Q_{п}$ – витрати води відповідно на технічні і питні потреби.

Питна вода витратою $Q_{п}$ готується в місцях її споживання населенням шляхом доочищення технічної води на додаткових водоочисних установках. Таким чином, ДГПВ складається із трьох комплексів водопровідних споруд (рис. 2): головних споруд для забору, підготовки і подачі технічної води; водотранспортуючих і водорозподільних систем; установок для доочищення технічної води до питної якості і роздачі споживачам.

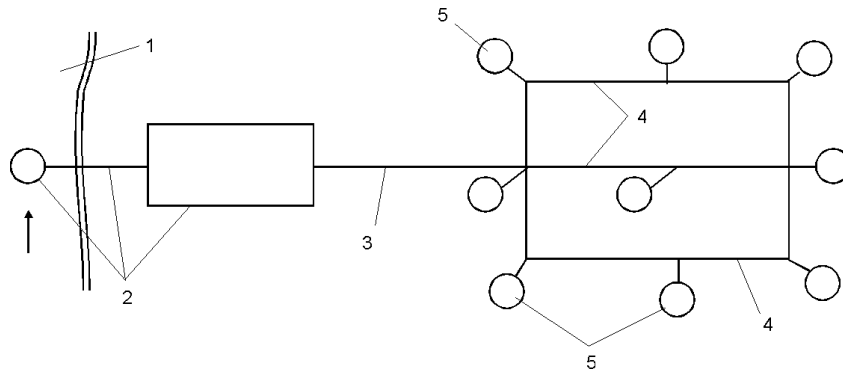


Рис. 2. Принципова технологічна схема ДГПВ:

1 – поверхнева водойма (джерело водопостачання); 2 – комплекс споруд в голові водопроводу для забору, підготовки і подачі технічної води; 3 – водогін; 4 – водорозподільна мережа; 5 – установки для доочищення технічної води до питної якості і роздачі споживачам

Висновки:

1. Практично всі поверхневі джерела України в останні десятиріччя підпадають під суттєву дію антропогенних факторів і якість води в них погіршується.

2. На даний час поверхневі води є по суті слабо концентрованими стічними водами, то для очищення природних вод слід застосовувати біологічні методи, тобто ті ж підходи, що й для доочищення стічних вод.

3. При будівництві нових і під час реконструкції існуючих водоочисних станцій, для інтенсифікації процесів водопідготовки з поверхневих джерел, в системах водопостачання доцільно застосовувати технологічну схему водоочисної станції з біореакторами і контактними прояснювальними фільтрами.

4. Для забезпечення населених пунктів водою при використанні групових водопроводів доцільно застосовувати децентралізовані системи господарсько-питного водопостачання шляхом розділення очищеної води на технічну і питну.

Література

1. Яцик А.В. Водогосподарська екологія / А.В. Яцик. – К.: Генеза, 2004. – 494 с.
2. Гриценко А.В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. – Х.: УкрНДІЕП, 2012. – 37с.
3. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля від 30 березня 1998р., № 391. – 8 с.
4. ГОСТ 27384-2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
5. ВБН 33-5.5-01-97. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу: Частина 1. Зрошувані землі. – К.: Держводгосп України, 2002. – 64 с.
6. Рекомендации по применению обобщенного показателя для оценки уровня загрязненности природных вод – коэффициента загрязненности (КЗ). Утв. Минводхозом СССР № 13-3-05/532 от 28.05.82. – Х.: ВНИИВО, 1982. – 10 с.
7. Хоружий В.П. Оцінка потенціалу водних ресурсів України для використання в системах водопостачання / В.П.Хоружий, А.В. Василюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – О.: Зовнішрекламсервіс, 2008. – вип. № 32. – С. 26-31.
8. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – К.: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
9. Василюк А.В. Аналіз сучасного стану питного водопостачання в Україні і шляхи його покращення / А.В. Василюк // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – К.: 2009. – Вип.13. – С. 42-48.
10. Василюк А.В. Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування децентралізованого господарсько-питного водопостачання / А.В. Василюк // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – К.: 2010. – Вип.15. – С. 66-73.

Стаття надійшла 25.02.2018