

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ЇХ КОНДИЦІОНУВАННЯ

І.С. Єзловецька

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, Київ
honch@icwc.kiev.ua

На прикладі вибраних ділянок річкових басейнів обґрунтовано і апробовано використання трьох основних підходів до оцінки якості води поверхневих джерел питного водопостачання за гігієнічними і екологічним критеріями. Розглянуто специфіку умов формування якості річкових вод вибраних водних об'єктів. Оцінено їх сучасний стан і ступінь екологічного благополуччя за інтегральними показниками. Встановлено можливість використання цих водних об'єктів як потенційних джерел питного водопостачання сільського населення. Виявлено необхідність прогнозування якості води в басейнах досліджуваних річок залежно від гідрологічних періодів. Визначено пріоритетні показники якості води, які потребують застосування спеціальних технологічних прийомів кондиціонування. Запропоновано перелік сучасних методів оброблення природних вод для коригування вмісту забруднюючих речовин.

Викладений в статті досвід використання сучасних підходів до оцінки якості природних вод при розробленні спеціальних технологічних прийомів їх кондиціонування рекомендовано для створення багатоступеневих технологічних схем водопідготовки з переважанням біологічних і фізичних методів оброблення і запобіганням утворення побічних продуктів знезаражування.

Ключові слова: якість води, гігієнічні і екологічні критерії, пріоритетні показники, методи оброблення води.

Вступ

Пріоритетними завданнями сучасної державної екологічної політики України у сфері охорони і використання водних ресурсів є «забезпечення у повному обсязі дотримання нормативних вимог до джерел централізованого питного водопостачання до 2015 року» і «переважне (70 %) забезпечення дотримання до 2020 року санітарно-гігієнічних вимог до якості води, що використовується для потреб питного водопостачання та приготування їжі сільським населенням» [1]. В такому разі необхідне підвищення якості і забезпечення доступу до якісної питної води. Якість же питної води визначається, в першу чергу, гігієнічним і екологічним станом джерела водопостачання і відповідними методами водопідготовки.

Вирішення поставлених завдань вимагає розроблення сучасних підходів до оцінювання і нормування якості джерел питного водопостачання і технологій кондиціонування води, враховуючи необхідність гармонізації українського законодавства з міжнародними нормами.

Аналіз світового досвіду у сфері класифікації і нормування якості водних джерел показав, що імперативом водної політики ЄС і США є тісне поєднання мети досягнення «добраго» і «високого» статусу водних екосистем з метою формування в них води «доброї» і «високої» якості, придатної для існування і відтворення популяцій вимогливих до чистоти води риб і водних безхребетних тварин, і, в той же час, придатної для питного водопостачання населення [2-4]. Відповідно до положень Директив ЄС можливість використання природних вод повинна забезпечуватися спеціальними технологічними прийомами (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація і технології оброблення природної води в поверхневих джерелах водопостачання за нормативами ЄС

Категорія води	Технологія оброблення води для перетворення її в питну	Приклад
A1	Прості фізичні методи оброблення, знезаражування	Фільтрування, хлорування
A2	Ординарне фізичне і хімічне оброблення та знезаражування	Коагуляція, флокуляція, фільтрування, хлорування
A3	Інтенсивне фізичне і хімічне оброблення	Коагуляція, флокуляція, декантація, фільтрування, сорбція, озонування, хлорування

На сьогодні сучасна вітчизняна концепція класифікації і нормування якості води джерел питного водопостачання, покладена в основу нового ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання» [5], базується на трьох взаємопов'язаних підходах: екологічному, гігієнічному і технологічному. Екологічний підхід полягає в тому, що будь-яке поверхнєве джерело питного водопостачання є ділянкою певного водного об'єкту і, в той же час, частиною його екосистеми. Якість води на ділянці водозабору являється такою, якою вона формується в природних умовах з урахуванням антропогенного впливу на екосистему в цілому. Гігієнічний аспект пов'язаний з безпекою води в гігієнічному відношенні при наступній водопідготовці. Технологічний дозволяє оцінити необхідність і послідовність оброблення води джерела як сировини для виробництва високоякісної питної води [5,6].

Класифікація якості води за гігієнічними і екологічними критеріями, представлена в новому стандарті, складається із семи окремих блоків, які включають в себе 80 пріоритетних показників (органолептичних, загальносанітарних хімічних, гідробіологічних, мікробіологічних, паразитологічних, радіаційної безпеки і токсикологічних (пріоритетних) компонентів), та поділяє водні об'єкти на 4 класи якості, що дозволяє в кінцевому результаті запропонувати відповідні технологічні прийоми кондиціонування води.

Постановка завдання

Представлений ДСТУ 4808:2007 є єдиним діючим з 01.01.2012 р. в Україні нормативним документом з контролювання якості поверхневих і підземних джерел централізованого питного водопостачання. Розуміння викладених в ньому положень щодо нормування і оцінюванні якості води, а також інтерпретація і можливість використання отриманих результатів вимагають певного досвіду.

Метою даної роботи є апробація на конкретних водних об'єктах основних підходів до оцінювання якості поверхневих вод і встановлення необхідності застосування спеціальних технологічних прийомів їх кондиціонування.

Об'єкти і методика дослідження

Апробацію проводили на трьох поверхневих водних об'єктах, котрі знаходяться в різних фізико-географічних зонах, мають різні умови формування і рівень антропогенного впливу, проте однаково розглядалися нами як потенційні джерела водопостачання в сільській місцевості, тому що існуючі джерела (інфільтраційні водозабори підземних вод, каптажі, колодязі, струмки) не відповідають нормативам якості і мають недостатній запас водних ресурсів:

- р. Іршавка (Іршавський район Закарпатської області), басейн Дунаю;
- р. Случ (ділянка на території Житомирської області), басейн Прип'яті;
- р. Ірпінь (ділянка на території Київської області), басейн Дніпра.

Для повноти представлення результатів досліджень і дотримання вимог ДСТУ 4808:2007 щодо необхідного переліку основних показників якості води додатково

використані узагальнені дані результатів спостережень аналітичних відділів різних природоохоронних організацій (Гідрометслужби, Держводагентства і Мінприроди України).

Оцінювання якості водних об'єктів виконувалося за трьома методичними підходами [5,6]:

- 1) за величинами окремих показників (відповідність певному класу якості);
- 2) за величинами інтегральних блокових індексів на підставі арифметичного оброблення емпіричних величин усіх або кількох показників семи блоків;
- 3) за величинами інтегрального комплексного індексу:

$$I_{\text{інтегр.}} = \frac{I_I + I_{II} + I_{III} + I_{IV} + I_V + I_{VI} + I_{VII}}{n}, \quad (1)$$

де $I_I - I_{VII}$ – величини інтегральних блокових індексів, виражених у класах;
 n – кількість інтегральних блокових індексів.

Викладення результатів дослідження

Всі етапи виконання досліджень були направлені на визначення необхідності застосування і вибір спеціальних технологічних прийомів кондиціонування природних вод вибраних водних об'єктів як джерел питного водопостачання. Викладення результатів дослідження почали з оцінки якості води за інтегральними показниками. Її виконання, в першу чергу, націлене на вибір напрямків водоохоронних заходів, а не технологічних прийомів кондиціонування, проте дає загальне уявлення про сучасний стан водних об'єктів й ступінь їх екологічного благополуччя і, відповідно, попередній висновок про доцільність або недоцільність розглядання цих об'єктів як джерел питного водопостачання (табл. 2).

Таблиця 2. Результати оцінки якості води вибраних джерел питного водопостачання за інтегральними показниками

Джерела водопостачання	Значення інтегрального комплексного індексу ($I_{\text{інтегр.}}$)	Відповідає класу якості	Словесна характеристика (за інтегральними показниками)
р. Іршава	1,6-1,8	2	Вода, перехідна за якістю від «відмінної», дуже чистої до «доброї», чистої
р. Случ (житомирська ділянка)	2,2-2,8	2-3	«Добра», чиста – «задовільна», слабо забруднена прийнятною якістю вода
р. Ірпінь (київська ділянка)	2,6-3,2	3	«Добра», чиста – «задовільна», слабо забруднена прийнятною якістю вода

Як видно з табл. 2, загальний еколого-гігієнічний стан р. Іршава має значно кращу якісну характеристику (в цілому 2 клас), ніж ділянки р. Случ і р. Ірпінь (2-3 і 3 класи). Це обумовлено різними умовами формування якості води і навантаженням на річкові басейни: Іршава – гірська річка, а Случ і Ірпінь – рівнинні, з досить високим рівнем господарського освоєння території басейнів. Проте, за «Правилами вибирання нових та контролювання наявних поверхневих вод джерел централізованого питного водопостачання» (розділ 7 стандарту) всі три водні об'єкти можуть бути потенційними джерелами водопостачання сільського населення, тому що якість річкових вод знаходиться в межах 1-3 класів [5]. Нами зроблено висновок, що використання вибраних водних об'єктів для питного водопостачання можливе при умові проведення більш детальних сезонних гідроекологічних досліджень і розроблення на цій основі прогнозу якості води в басейнах досліджуваних річок.

Отримавши в цілому уявлення про еколого-гігієнічний стан водного об'єкту, нами детально розглянуті результати оцінки якості води за окремими показниками в блоках. Це дозволило встановити пріоритетні показники якості води, які власне і визначають специфіку,

перелік і послідовність методів оброблення природної води як сировини для виробництва високоякісної питної води (табл. 3).

Таблиця 3. Перелік пріоритетних показників якості води потенційних джерел питного водопостачання

Показники якості води	Значення показників якості води					
	р. Іршава		р. Случ (житомирська ділянка)		р. Ірпінь (київська ділянка)	
	величина	клас якості	величина	клас якості	величина	клас якості
Органолептичні показники						
Запах, бали	1	2	2-3	2-3	2-3	2-3
Кольоровість, град.	-	-	22-45	3	90-225	3-4 ¹⁾
Загальносанітарні хімічні показники						
рН, одиниць	-	-	8,30-8,60	3-4	8,0-8,60	2-4
Азот амонійний, мг N/дм ³	-	-	0,46-0,78	3	0,86-1,37	3-4
Азот нітритний, мг N/дм ³	0,003-0,006	2	0,010-0,023	2-3	>0,050	4
Азот нітратний, мг N/дм ³	0,60-0,83	3	0,38-0,55	2-3	0,51-0,65	3
Фосфор фосфатів, мг P/дм ³	0,020-0,030	2	-	-	>0,200	4
Перманганатна окиснюваність, мг O/дм ³	3,2-6,6	2	9,9-15,0	2-3	-	-
Біхроматна окиснюваність, мг O/дм ³	-	-	29,3-37,9	2-3	47,5-74,5	4
БСК _п , мг O/ дм ³	2,7-6,2	2-3	4,0-5,0	3	-	-
Гідробіологічні показники						
Фітопланктон, мг/дм ³	-	-	2,8-10,0	2-3	7,0-10,0	3
Токсикологічні показники хімічного складу води (пріоритетні)						
Залізо загальне, мкг/дм ³	240,0-580,0	3	350,0-690,0	3	627,0-1200,0	3-4
Марганець, мкг/дм ³	10,0-200,0	2-3	40,0-170,0	2-3	110,0-450,0	3
Нафтопродукти, мкг/дм ³	-	-	-	-	48,0-120,0	2-3
СПАР, мкг/дм ³	-	-	10,0-30,0	2	37,0-220,0	2-3

Примітка: Використання вод 4 класу можливе з дозволу головного державного санітарного лікаря і обумовлює збільшення витрат реагентів, часу перебування води в очисних спорудах відповідно до технологічних вимог.

Встановлено, що при підготовці питної води з води р. Іршава технологічні прийоми повинні бути націлені на коригування наступних пріоритетних параметрів: запах, азот нітритний, азот нітратний, фосфор фосфатів, перманганатна окиснюваність, БСК_п, залізо загальне, марганець, значення яких варіюють в межах 2 (добра, прийнятна якість води) і 3 класів (задовільна, прийнятна якість води) (табл. 3).

Ситуація на вибраних ділянках річок Случ і Ірпінь дещо складніша. Перелік пріоритетних показників якості води, на які потрібно звернути увагу при водопідготовці в першу чергу, включає: запах, кольоровість, рН, азот амонійний, нітритний, нітратний, фосфор фосфатів, перманганатну і біхроматну окиснюваність, БСК_п, фітопланктон, залізо загальне, марганець, нафтопродукти і СПАР. Проте, порівняно з ситуацією на р. Случ (2 і 3 класи), величини цих показників у воді р. Ірпінь характеризуються більш високим значеннями класу якості – 2-3 і 4 (табл. 3). Найбільш напруженим в цьому відношенні є літньо-осінній період. Високий рівень забруднення вод р. Случ і р. Ірпінь біогенними і органічними речовинами можна пояснити надходженням з сільськогосподарських угідь по всій площі водозбору. Вплив населених пунктів і сільськогосподарського виробництва

проявляється через надходження у річки нафтопродуктів і СПАР. В умовах Полісся важливими забруднюючими компонентами вод Ірпеня є важкі метали – продукти хімічної ерозії осушених торф'яників, особливо залізо загальне – до 1200,0 мкг/дм³ (4 клас) і марганець – до 450,0 мкг/дм³ (3 клас). Слід відмітити, що встановлене погіршення якості води р. Ірпінь в літньо-осінню межінь до 4 класу за рядом показників (кольоровість, рН, азот амонійний і нітритний, фосфор фосфатів, біхроматна окиснюваність, залізо загальне) вимагає подальшого детального вивчення умов і особливостей формування якості води для уточнення доцільності використання даного джерела для питного водопостачання з урахуванням дозволу головного державного санітарного лікаря [5].

Враховуючи вищевикладене, рекомендуємо наступний перелік технологічних прийомів для підготовки високоякісної питної води:

1. Кондиціонування за органолептичними показниками:

– запах: аерування, окиснення, адсорбція на активованому вугіллі;

– кольоровість: окиснення; коагулювання – флокулювання, відстоювання, фільтрування; ультрафільтрування.

2. Кондиціонування за загальносанітарними хімічними показниками:

– азот амонійний, нітратний, нітритний: біологічне очищення на фільтрах з фіксованою гетеротрофною біомасою, біосорбція; іонний обмін; нанофільтрування;

– фосфор фосфатів: дефосфотування фільтруванням через активований оксид алюмінію, обробляння вапном;

– окиснюваність перманганатна, окиснюваність біхроматна, БСК_п: біологічне передочищення у природних умовах; біоочищення на твердих носіях з іммобілізованою мікрофлорою; передокиснення; коагулювання – флокулювання з наступними флотуванням або відстоюванням і фільтруванням; вуглевання; контактне коагулювання; озонування з наступною біосорбцією на біологічно активованому вугіллі; повільне фільтрування, знезаражування; мембранне фільтрування.

3. Кондиціонування за гідробіологічними показниками:

– фітопланктон: мікропроціджування; мікрофільтрування; передхлорування з наступним коагулюванням – флокулюванням; передхлорування і напірне реагентне флотування; фільтрування через швидкі фільтри, фільтри з активованим вугіллем.

4. Кондиціонування за показниками вмісту неорганічних речовин токсичної дії:

– залізо, марганець: застосування сильних окисників з утворенням гідроксидів, коагулювання, фільтрування, фільтрування через модифіковані сорбенти, нанофільтрування, сорбція на активованому вугіллі, силікагелі, гранітній та мармуровій крихтах.

5. Кондиціонування за показниками вмісту органічних речовин токсичної дії

– нафтопродукти, СПАР: фізико-хімічне передочищення; біологічне передочищення на твердих носіях з іммобілізованою мікрофлорою або через піщані дюни; окиснювання діоксидом хлору, озonom, пероксидом водню, УФ-опромінюванням з наступним фільтруванням крізь активоване вугілля; повільне фільтрування, нанофільтрування.

Обов'язковим є, не зважаючи на клас якості, знезаражування води за мікробіологічними і паразитологічними показниками: з використанням одного з реагентів, дозволених до застосування в Україні – хлору, гіпохлориту, діоксиду хлору, хлораміну; коагулювання; бактерицидне опромінювання; на перспективу – обробляння озonom; ультрафільтрування, нанофільтрування [5].

Наведені приклади сучасних технологічних методів підготовки питної води показують, що на сьогодні все ширше починають використовувати нові прийоми водопідготовки: біологічні методи для видалення сполук азоту, природних органічних сполук та органічних речовин токсичної дії, нанотехнології і т.д. Тому вибір технології підготовки питної води залежить не тільки від еколого-гігієнічного оцінювання джерел водопостачання, представленого в даній роботі, а і від фінансових можливостей виробника питної води.

Висновки

1. При виборі джерела водопостачання повинні враховуватися зміни окремих та інтегральних показників якості води в залежності від сезону року, водності року, фонового рівня специфічних домішок і рівня антропогенного навантаження на водні об'єкти.

2. Оцінка якості води за інтегральними показниками дала загальне уявлення про сучасний стан водних об'єктів і ступінь їх екологічного благополуччя. Встановлено, що вибрані водні об'єкти можуть бути потенційними джерелами водопостачання сільського населення, тому що якість річкових вод в них коливається від «відмінної», дуже чистої – «доброї», чистої (р. Іршава) до «доброї», чистої – «задовільної», слабко забрудненої прийнятної (рр. Случ, Ірпінь) і знаходиться в межах дозволених 1-3 класів.

3. Оцінка якості води за окремими показниками в блоках визначила перелік пріоритетних показників якості води, які потребують застосування спеціальних технологічних прийомів кондиціонування, і використана при розробленні шляхів покращення якості питної води на водопровідних станціях.

3. Перелік пріоритетних показників якості води річок Іршава і Случ включає в себе запах, кольоровість, рН, азот амонійний, нітритний, нітратний, фосфор фосфатів, перманганатну і біхроматну окиснюваність, БСК_п, залізо загальне, марганець, нафтопродукти і СПАР, значення яких варіюють в межах 2 (добра, прийнятна якість води) і 3 класів (задовільна, прийнятна якість води).

4. Погіршення якості води р. Ірпінь в літньо-осінню межінь до 3-4 класу за рядом показників (кольоровість, рН, азот амонійний і нітритний, фосфор фосфатів, біхроматна окиснюваність, залізо загальне) вимагає уточнення доцільності використання даного джерела для питного водопостачання. При позитивному рішенні застосування конкретних технологічних методів водопідготовки з води 3-4 класів обумовлюється фінансовими можливостями виробника питної води.

5. Запропонований досвід використання основних підходів до оцінки якості природних вод дозволить розробити сучасні багатоступеневі технологічні схеми, оптимізувати використання хімічних реагентів шляхом використання відповідних фізичних і біологічних методів очищення і зменшити утворення побічних продуктів знезаражування.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ИХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

И.С. Езловецкая

Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины, Киев
honch@icccw.kiev.ua

На примере выбранных участков речных бассейнов обосновано и апробировано использование трех основных подходов к оценке качества воды поверхностных источников питьевого водоснабжения по гигиеническим и экологическим критериями. Рассмотрена специфика условий формирования качества речных вод выбранных водных объектов. Оценено их современное состояние и степень экологического благополучия по интегральным показателям. Установлена возможность использования этих водных объектов как потенциальных источников питьевого водоснабжения сельского населения. Выявлена необходимость прогнозирования качества воды в бассейнах исследуемых рек в зависимости от гидрологических периодов. Определены приоритетные показатели качества воды, которые нуждаются в применении специальных технологических приемов кондиционирования. Предложен перечень современных методов обработки природных вод для коррекции содержания загрязняющих веществ.

Представленный в статье опыт использования современных подходов к оценке качества природных вод при разработке специальных технологических приемов их

кондиционирования рекомендован для создания многоступенчатых технологических схем водоподготовки с преобладанием биологических и физических методов обработки и предотвращением образования побочных продуктов обеззараживания.

Ключевые слова: качество воды, гигиенические и экологические критерии, приоритетные показатели, методы обработки воды.

EXPERIENCE OF MODERN APPROACHES TO NATURAL WATER QUALITY ESTIMATION FOR THE PREDICTION OF TECHNOLOGICAL METHODS OF ITS CONDITIONING

I.S. Yezlovetska

A.V.Dumansky Institute of Colloid Chemistry and Water Chemistry of NAS of Ukraine, Kiyv
honch@iccwc.kiev.ua

The three basic approaches to estimation of water quality of drinking water supply according to hygienical and ecological criteria are grounded and used. The specific character of formation conditions of river waters quality is considered for chosen water objects. Their present state and degree of ecological prosperity according to integral indexes is estimated. Possibility of the usage of this water objects as potential sources for drinking water supply of rural population is established. The prediction necessity of water quality in the explored rivers basins is found out depending on hydrological periods. The priority indexes of water quality, which are needed the application of the special technological decision are defined. The enumeration of modern natural water treatment methods is offered for contents correction of contaminating matters.

The experience concerning of modern approaches use to estimation of natural water quality is presented in the paper. There is recommended for the creation of multistage technologies for drinking water treatment with usage of biological and physical methods to prevent the disinfection by-products formation.

Keywords: water quality, hygienical and ecological criteria, priority indexes, methods of water treatment.

Список літератури:

1. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2011. – № 26. – С. 218.
2. Разнообразные подходы к экологическому управлению: Краткий курс по практике оценки риска, установлению экологических стандартов и разработке программ сокращения загрязнения в ЕС и США // Материалы семинара по стандартам качества воздуха и воды. Киев, 9-13 декабря 1996 г. – К.: Минэкобезопасности Украины, Вашингтон: Центр политики по охране атмосферы, 1996. – 315 с.
3. Amended proposal for a Council Directive establishing a frame work for Community action in the field of water policy / Addendum to document 9265/98 ENN 258 PRO-COO P 91. – Brussels, 1998. – 20 p.
4. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Commute action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities, 22.12.2000, EN, L. 327/1.
5. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання : ДСТУ 4808:2007. – [Чинний від 2012-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 36 с.
6. Гончарук В.В. Экологическое состояние и эколого-гигиеническая классификация поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения в Украине / [В.В. Гончарук, А.П. Чернявская, В.Н. Жукинский и др.] // Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды: Научное издание. — К. : Наукова думка, 2005. — С. 5 — 64.