

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**ДИНАМІКА УТВОРЕННЯ ТА ОСАДЖЕННЯ ЗАВИСЛИХ
У ВОДІ РЕЧОВИН ВНАСЛІДОК ДІЇ
ЗМІННОГО МАНОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ**

Розроблено методикау та експериментальну установку дослідження впливу манометричного тиску на завислі у воді частинки. Отримано якісно-кількісні характеристики процесу утворення та осадження завислих у воді речовин внаслідок дії манометричного тиску.

Постановка проблеми

Порівняння властивостей води у точках початку і кінця її транспортування протягом доби, сезону та року продемонстрували відмінності зареєстрованих фізичних параметрів (температури, тиску) та концентрації хімічних (біологічних) речовин [1]. Встановлено, що показники якості води у значній кількості місць відбору на мережі водоканалу набувають неприпустимих рівнів забруднення. Причому, чим довший термін експлуатації системи водопостачання – тим більші негативні відхилення (особливо щодо завислих органічних та неорганічних частинок).

© Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа

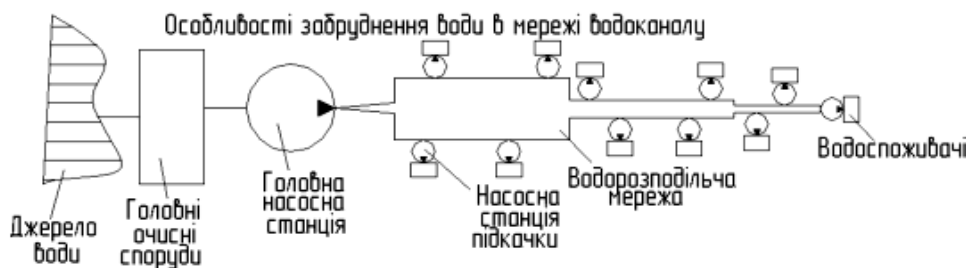
Тобто можна стверджувати, що вивчення динаміки утворення та осадження на стінках трубопровідної мережі зважених новоутворених форм речовин дозволить оцінити якість водопостачання та рівень відповідності функціональних властивостей системи водопостачання вимогам Законодавства України (Указ Президента № 221 від 06.04.2009 р.). Наявність такої інформації сприятиме розв'язанню задач прогнозування зміни властивості води в системі водопостачання та недопущення розвитку відповідних негативних наслідків.

Мета досліджень полягала у розробці методики дослідження зміни властивостей води тривалого періоду транспортування від джерела до споживача; створенні дослідної установки та встановленні динаміки утворення й осадження речовин у воді мережі водоканалу тривалого терміну експлуатації при зміні манометричного тиску.

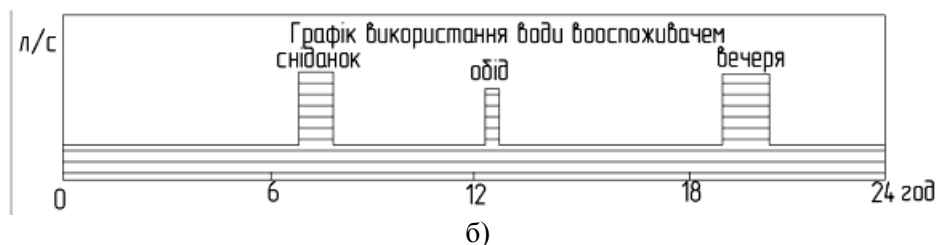
Результати досліджень

Відомо, що фізичні та хіміко-біологічні перетворення у воді відбуваються безперервно під дією зовнішніх проявів фізичних, хімічних та біологічних факторів [4]. Після закінчення їх дії та настання зовні умовно сталого стану – вода неминуче набуватиме тимчасово незмінних показників [1].

Як свідчить аналіз напірно-витратного режиму протягом року (рис. 1), найбільш придатними для досліджень будуть проби води, що взяті у періоди з 24-00 до 6-00 годин.



а)



б)

Рис. 1. Технологічний аналіз можливостей безпечного водоспоживання із мережі водоканалу: а – типова структурна схема мережі водоканалу; б – типове щодобове водокористування

Разом із тим при транспортуванні води з умовно стабільними показниками тиску завжди виникають непередбачувані ситуації, що пов'язані з проведенням планових технологічних сезонних робіт з дезінфекції мережі або викликані аварійним знеструмленням мережі живлення насосів подачі води та поривами труб мережі водопостачання. Тривалість останніх та їх повторність визначається технічним станом системи, складністю аварії та оснащенням обслуговуючого персоналу. Можливий термін припинення водопостачання може перевищувати добу.

Від початку до кінця зазначених періодів в процесі транспортування від джерела до моменту її забору вода в мережі водокористування набуває узагальнених та інтегрованих для всієї системи водопостачання властивостей (рис. 2).



Рис. 2. Графічне представлення накопичення біологічного забруднення води у мережі водоканалу

Відповідно доцільно будувати методика дослідження змін показників якості води саме для проб, що відібрані з мережі на початку тривалого періоду з умовно стабільними показниками тиску.

Отже, пробовідбір здійснювався нами із 23⁰⁰ до 24⁰⁰ години за умов, що до цього часу протягом доби режим напірно-витратних характеристик не продемонстрував технологічних або аварійних зупинок подачі води.

Для дослідження такої води була розроблена та виготовлена лабораторна установка (рис. 3). Методика вимірювання передбачала послідовне заповнення складових елементів вимірювального комплексу пробою води з крану мережі водоканалу, взятою о 23⁰⁰ (рис. 1). Після цього

виставлявся відповідний сталий тиск, який підтримувався регулятором протягом всього часу вимірювання змін концентрації речовин у воді.

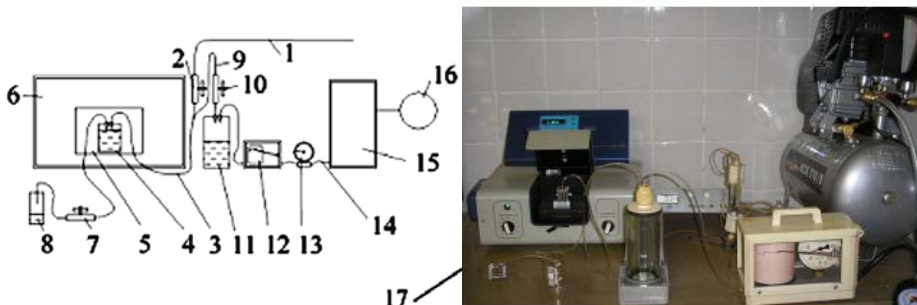


Рис. 3. Схема лабораторної установки дослідження динаміки утворення та осадження речовин у воді з мережі водоканалу тривалого терміну експлуатації при зміні манометричного тиску:

- 1 – мережа водопостачання; 2 – кран; 3 – трубка подачі води до вимірювальної кювети; 4 – вимірювальна кювета високого тиску;
- 5 – вимірювальна камера приладу; 6 – прилад КФК;
- 7 – кран зливу; 8 – зливна ємність;
- 9 – трубка подачі води до контрольної ємності;
- 10 – кран контрольної ємності; 11 – контрольна ємність;
- 12 – самописець тиску; 13 – регулятор тиску;
- 14 – з’єднувальна трубка; 15 – компресор;
- 16 – вимірювальний манометр;

17 – зовнішній вид лабораторної установки перед вимірюванням

Паралельно відбиралася проба води для визначення її хіміко-біологічного складу. Проба досліджувалася в лабораторії з використанням стандартної методики Лур’є. Контрольні аналізи якості досліджуваної проби води, відібраної паралельно з підготовкою до роботи вимірювального комплексу, робили в незалежній лабораторії водоканалу. Перед новими дослідженнями всі ємності комплексу спорожнявалися і промивалися. Інструментальна похибка реєстрації концентрації речовин у пробі води (рис. 4) становила $\pm 1\%$.

Для встановлення якості експериментальних досліджень згідно з класичною теорією математичної статистики перевірили однорідність дослідних даних (рис. 4) всіх пробовідборів за критерієм Кохрена [5].

Кількість ступенів свободи в нашому випадку: $M - 1 = 4$ (5-кратна повторюваність). Використовуючи теоретичні викладки [5], при $k = 29$

та $f = 4$ (5 %-ний рівень значимості), прийняли табличне значення критерію Кохрена (G_T) – 0,16.

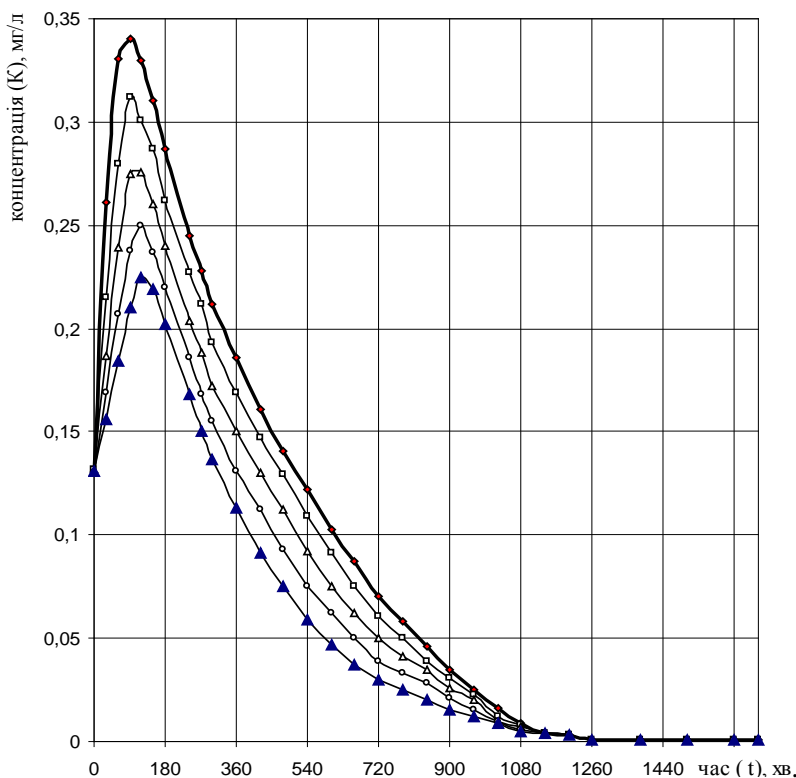


Рис. 4. Динаміка зміни концентрації осаджених речовин у контрольній ємності

Потім провели розрахунковий аналіз отриманих експериментальних даних. Маючи середні значення змінної стану, розраховували квадрати похибок дослідів (дисперсії):

$$Su^2_i = \frac{\sum_{j=1}^M (y_{ij} - ys_i)}{(M - 1)}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

де M – кількість повторних дослідів;
 ys_i – середні значення змінної стану;
 y_{ij} – поточне значення змінної стану;
 N – кількість варіантів дослідів.

Розрахунковий критерій Кохрена:

$$Gp = \frac{\max Su_i^2}{ZSu}, \quad (2)$$

де Zsu – сума всіх дисперсій.

Для встановлення розрахункового критерію Кохрена, підтвердивши нормальний закон розподілу випадкових експериментальних величин, використали спеціалізований пакет прикладних математичних програм Statistica 6.0 [6], де реалізовано відповідний алгоритм:

$$GP = 0,123. \quad (3)$$

Тоді:

$$\begin{aligned} Gp &< Gm, \\ 0,123 &< 0,16. \end{aligned} \quad (4)$$

Згідно з (4), гіпотеза про відтворюваність результатів досліджу приймається – тобто всі 29 варіантів виявились рівноцінними. Отже підтвердилась достовірність проведених експериментів.

Аналізуючи дослідження динаміки утворення та осадження завислих у воді частинок (рис. 4), можна стверджувати, що при відборі води з мережі водоканалу та забезпеченні сталого тиску (умовно сталого режиму) спостерігалось таке: в період із 0 до 80–100 хвилин відбувається збільшення фіксованої приладом КФК каламутності (на 0,09–0,21 мг/л); в період із 80–100 до 1260–1270 хвилин фіксована каламутність зменшується до фактично нульового значення.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Внаслідок дії манометричного тиску відбувається переведення завислих у воді частинок у різні фізико-хімічні стани, що не завжди адекватно фіксуватиметься сучасними, у тому числі закордонними, методами та засобами аналізу якості води.

Подальші дослідження щодо підвищення якості та безпеки функціонування схем систем водопостачання необхідно продовжити у напрямку розробки та впровадження ефективних енерго- та ресурсозберігаючих методів та засобів водопідготовки, котрі б комплексно враховували індивідуальні гідродинамічні особливості кожної водорозподільної мережі.

Література

1. Гончаров Ф.І. Вплив гідравлічної крупності завислих частинок на Coli-index води [електронний ресурс] / Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа // Наук. доп. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2009. – № 2 (14). – Режим доступу: <http://nd.nauu.edu.ua/2009-2/09gfinnm.pdf>
2. Гончаров Ф.І. Небезпека сучасних індивідуальних засобів доочищення води. Створення прогностичної нейромережевої моделі [електронний

-
-
- ресурс] / *Ф.І. Гончаров, В.М. Штена* // Наук. доп. НАУ. – 2008. – № 4 (12). – Режим доступу: <http://nd.nauu.edu.ua/2008-4/08gfinnm.pdf>
3. *Гончаров Ф.І.* Небезпека сучасних індивідуальних засобів доочищення води. Статистичний нейромережевий експеримент [електронний ресурс] / *Ф.І. Гончаров, В.М. Штена* // Наук. доп. НАУ. – 2009. – № 1 (13). – Режим доступу: <http://nd.nauu.edu.ua/2009-1/09gfinnm.pdf>
 4. *Гончаров Ф.І.* Автоматичне регулювання тиску у трубопроводі (збурні впливи завислих частинок) / *Ф.І. Гончаров, В.М. Штена* // Вісн. Київського Нац. ун-ту технологій та дизайну. – К.: КНУДТ, 2009. – № 2. – С. 35–39.
 5. *Налимов В.В.* Новые идеи в планировании эксперимента / *В.В. Налимов*. – М.: Наука, 1969. – 334 с.
 6. *Боровиков В.П.* Statistica. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / *В.П. Боровиков, И.П. Боровиков*. – М.: Филин, 1998. – 608 с.
-
-