

УДК 626.84:644.65:614.777(075.8)

## ВПЛИВ ГІДРАВЛІЧНОЇ КРУПНОСТІ ЗАВИСЛИХ ЧАСТИНОК НА COLI-INDEX ВОДИ

**Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа,**  
кандидати технічних наук

*Досліджено зміну в часі біологічних показників якості води із різних джерел водозабору та залежність її Coli-index від гідравлічної крупності завислих у ній частинок*

*Coli-index, математичне моделювання, статистика, експеримент, швидкість осадження.*

Згідно з класичними теоріями, біологічне забруднення води створюється мікроорганізмами, у тому числі хвороботворними, а також органічними речовинами, здатними до бродіння. Головними джерелами біологічного забруднення води є комунально-побутові стоки, що містять фекалії, харчові відходи; стічні води підприємств харчової промисловості, целюлозно-паперової і хімічної промисловості; підприємства агропромислового комплексу (тваринницькі та птахівничі комплекси). Біологічне забруднення може стати причиною епідемій холери, черевного тифу, паратифу та інших кишкових інфекцій, у тому числі різних вірусних.

Ступінь біологічного забруднення характеризують трьома показниками, а саме: кількістю кишкових паличок у літрі води (Coli-index), біохімічним споживанням кисню, вмістом розчиненого кисню. Перший з них вказує на забруднення води продуктами життєдіяльності людей (тварин) та на можливість присутності інших хвороботворних бактерій і вірусів. Зрозуміло, що після знезаражування питна вода має

відповідати стандартам. Останній із них – ДСТУ 4808:2007 “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання”, вступив у дію 01.01.2009 року.

Однак питання якісного та безпечного для життя людини знезараження питної води остаточно не вирішене не лише на Україні, але й у державах Європейського Союзу та США. Це спричинено різноманітністю кількісно-якісних показників джерел водопостачання, неузгодженістю використання технічних засобів дезинфекції води та складністю (багатофакторністю) чинників, що призводять до її забруднення.

**Мета дослідження** полягала у виокремленні фізико-біологічних особливостей зміни Coli-index (КУО/дм<sup>3</sup>) води з різних джерел водозабору.

**Матеріали і методика досліджень.** Воду відбирали до заповнення в однакові емальовані ємності (об’єм кожної – 50 літрів). Параметри їх такі: діаметр – 400 мм, висота – 450 мм, товщина стінки – 1,5 мм. Після цього їх розмістили на відкритому для доступу повітря місці при атмосферному тискові, температурі –  $19 \pm 2$  °С, освітленості  $100 \pm 2$  Люкс.

Кожні чотири години із ємностей відбирали на аналіз 1 л води (рис. 1). Значення Coli-index визначали методом мембранних фільтрів (рис. 2). Досліди проводились у трьох повторностях.

Джерелами водозабору у м. Києві були:

1. Совські стави (Голосіївський р-н., відкрита непроточна водойма);
2. Водопровідна вода м. Київ (Голосіївський р-н., пр. Голосіївський);
3. Артезіанська вода із бювету (Голосіївський р-н., пл. Голосіївська).

Для пробовідбору сконструювали спеціальний пристрій, використання якого унеможливило безпосередній контакт із основною масою води в ємності та забезпечило можливе збурення її поверхні (рис. 1).

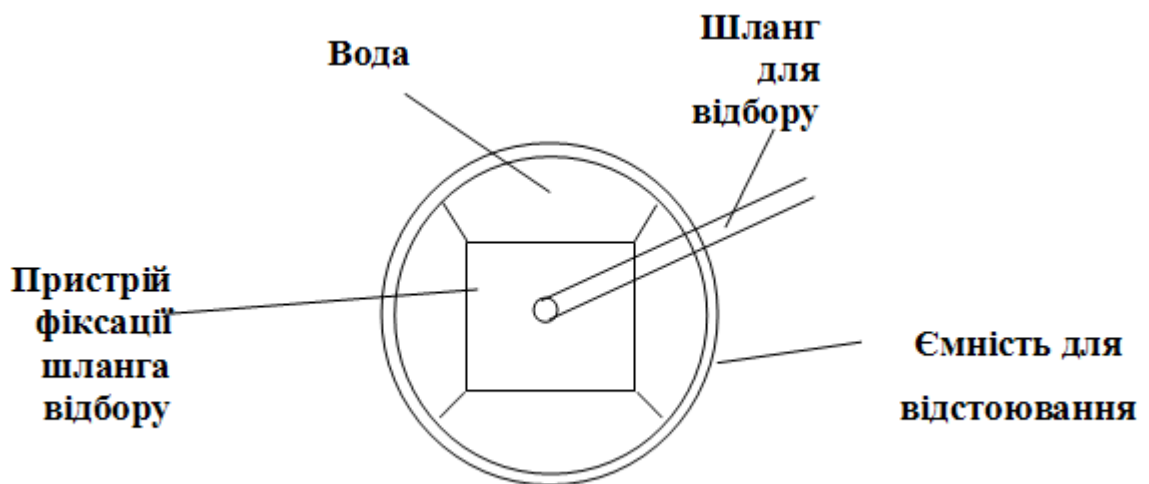
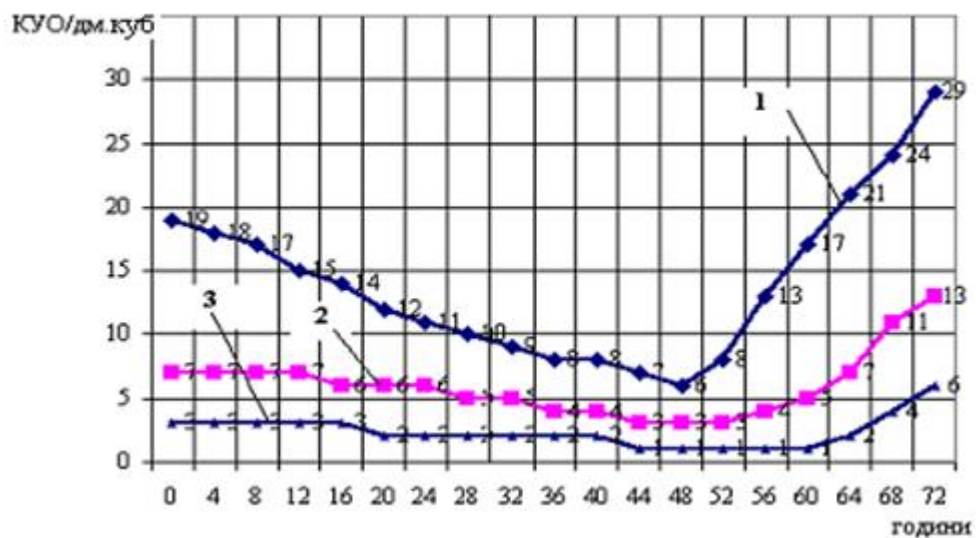
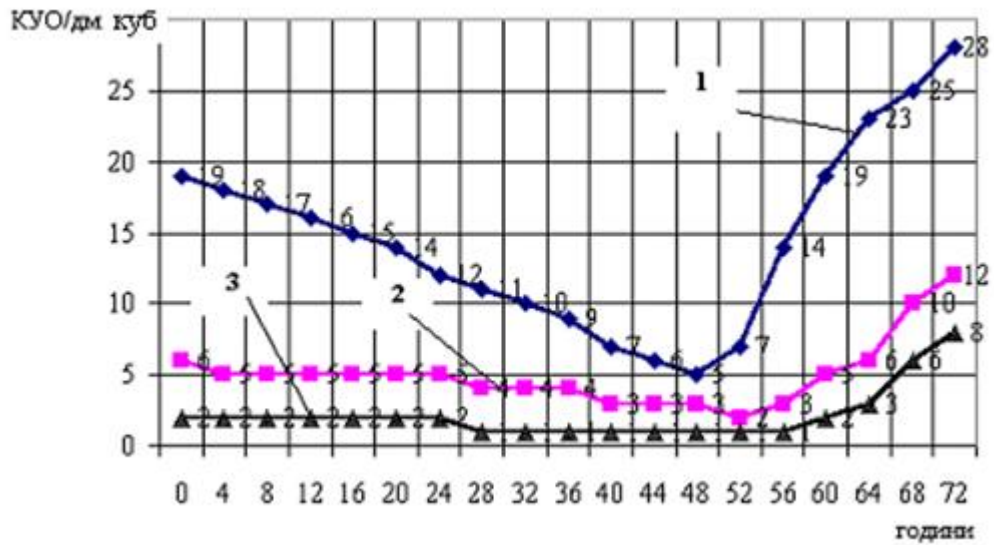


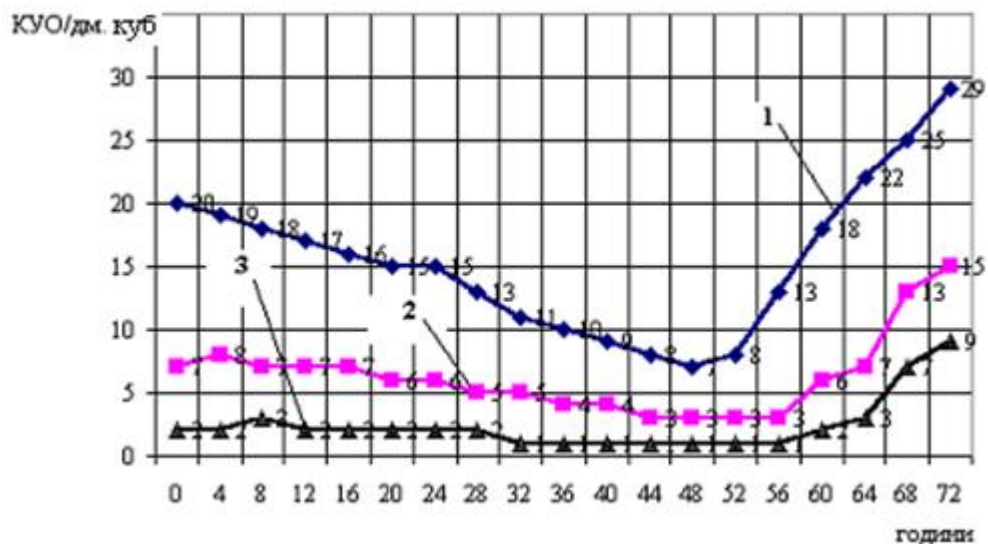
Рис. 1. Пристрій пробовідбору (вигляд зверху)



а)



б)



в)

Рис. 2. Графічні залежності (трикратна повторюваність дослідів) отримані при експериментальному встановленні вмісту кишкової палички в 1 л досліджуваної води (Coli-index): а – Совські стави ; б – водопровідна вода м. Київ; в – артезіанська вода із бювету

Для встановлення якості експериментальних досліджень, перевіримо однорідність дослідних даних (рис. 2) всіх пробовідборів за критерієм Кохрена. Він базується на законі розподілу відношення максимальної

емпіричної дисперсії до суми всіх дисперсій. Число ступенів свободи в нашому випадку:  $M - 1 = 2$ . Використовуючи табличні дані [1], при  $k = 19$  та  $f = 2$  (5%-ний рівень значимості), прийmemo для всіх трьох випадків табличне значення критерія Кохрена ( $G_T$ ) – 0,3346.

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

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

де  $M$  – кількість повторних дослідів;

$y_{s_i}$  – середні значення змінної стану;

$y_{ij}$  – поточне значення змінної стану;

$N$  – кількість варіантів дослідів.

Тоді розрахунковий критерій Кохрена:

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

де  $Zsu$  – сума всіх дисперсій.

Розрахункове значення критерію встановимо із використанням пакету прикладних математичних програм “MathCad Professional”.

Спочатку отримаємо середні значення і похибки для кожного пробовідбору:

$$y_{s1_i} := \frac{y^1_{i,0} + y^1_{i,1} + y^1_{i,2}}{M}; \quad y_{s2_i} := \frac{y^2_{i,0} + y^2_{i,1} + y^2_{i,2}}{M}; \quad (3)$$

$$y_{s3_i} := \frac{y^3_{i,0} + y^3_{i,1} + y^3_{i,2}}{M}.$$

$$su1_i := \sum_{j=0}^{M-1} \frac{(y1_{i,j} - ys1_i)^2}{M} \quad su2_i := \sum_{j=0}^{M-1} \frac{(y2_{i,j} - ys2_i)^2}{M} \quad su3_i := \sum_{j=0}^{M-1} \frac{(y3_{i,j} - ys3_i)^2}{M} \quad (4)$$

Тоді розрахуємо суми всіх дисперсій дослідів:

$$\begin{aligned} Zsu1 &:= \sum_i su1_j; & Zsu1 &= 13.556; & Zsu3 &:= \sum_i su3_j; & Zsu3 &= 5.556; \\ Zsu2 &:= \sum_i su2_j; & Zsu2 &= 9.333. \end{aligned} \quad (5)$$

Отже, критерій Кохрена і помилка дослідів:

$$\begin{aligned} Zsu1 &:= \sum_i su1_j; & Zsu1 &= 13.556; & Zsu3 &:= \sum_i su3_j; & Zsu3 &= 5.556; \\ Zsu2 &:= \sum_i su2_j; & Zsu2 &= 9.333. \end{aligned} \quad (6)$$

Оскільки у всіх випадках виконується умова  $G_p < G_t$  ( $G_{p1} = 0,213$ ;  $G_{p2} = 0,167$ ;  $G_{p3} = 0,28$ ), то гіпотеза про відтворюваність результатів дослідів приймається – всі 19 варіантів, за результатами дослідів виявились рівноцінними.

Отже, підтвердивши достовірність експериментальних досліджень, проаналізуємо характер отриманих графічних залежностей (рис. 2).

Після пробовідбору та статичного розміщення ємностей відбувалося осадження завислих у воді частинок. У загальному випадку його швидкість описується формулою Стокса [2]:

$$V = \frac{d^2 \cdot (\rho_q - \rho_e) \cdot g}{18 \cdot \eta}, \quad (7)$$

де  $d$  – діаметр частинок;

$\rho_{\text{ч}}$  – густина частинки;

$\rho_{\text{р}}$  – густина рідини;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$\eta$  - динамічна в'язкість середовища.

Динаміка такого процесу (формула 7) визначається властивостями гідравлічної крупності – швидкості рівномірного падіння твердих частинок у нерухомій воді при певних температурі та тискові.

Як відомо, бактерії кишкової палички пересуваються дуже повільно. Лінійна швидкість самостійного руху бактерії кишкової палички – 11 мм/добу. Для пересування вони використовують носіїв. У нашому випадку це завислі у воді частинки, які завдяки дії гідравлічної крупності з певною швидкістю осаджуються, а разом із ними опускаються до дна і бактерії кишкової палички та інших, а також віруси і мікроби. Характерний діапазон розмірів діаметрів завислих у воді частинок: 0,001 – 0,003 мк. Згідно з експериментальними дослідженнями [2], діапазон швидкостей їх осадження становить 0,00005 – 0,00158 см/сек.

Мінімальні показники Coli-index на рисунку 1 (48-56 год) мали місце, коли воду відбирали у зонах ємностей, звідки завислі частинки разом із “захопленими” ними кишечники паличками вже перемістились (осіли) до дна. Максимальні (стрибкоподібні) значення Coli-index реєструвались саме при останніх відборах води на аналіз (56-72 год.). Тобто із зон, де акумулювалися (осаджувались) агреговані комплекси.

Такі висновки відповідають швидкості осадження завислих частинок згідно з їх гідравлічною крупністю [2-5].

## Висновок

Динаміка зміни концентрації кишкової палички у воді, інших вірусів, мікробів, бактерій та продуктів їхньої життєдіяльності, залежить від гідравлічної крупності завислих частинок, які виконують функції переносу (осадження).

## Список літератури

1. Налимов В.В. Новые идеи в планировании эксперимента / В.В. Налимов – М.: Наука, 1969 – 334 с.
2. Гончаров Ф.И. Исследование механизма накопления осадка на стенках труб в сети водоканала / Ф.И. Гончаров // Сб. научных трудов "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании" Одесса: ОНТУ, 2007, Т. 20 – С.58 – 67.
3. Гончаров Ф.И., Штепа В.М. Небезпечка сучасних індивідуальних засобів доочищення води. Створення прогностичної нейромережевої моделі / Ф.И. Гончаров // Наукові доповіді Національного аграрного університету, 2008-04 (12), <http://nd.nauu.edu.ua/2008-4/08gfinnm.pdf>
4. Гончаров Ф.И., Штепа В.М. Небезпечка сучасних індивідуальних засобів доочищення води. Статистичний нейромережевий експеримент / Ф.И. Гончаров // Наукові доповіді Національного аграрного університету, 2009-01 (13), <http://nd.nauu.edu.ua/2009-1/09gfinnm.pdf>
5. Гончаров Ф.И. Патент України № 22010, Автоматична насосна станція, / Ф.И. Гончаров – К.: Державне патентне відомство, 1998 – 4 с.

*Влияние гидравлической крупности взвесей на Coli-index воды*

*Ф.И. Гончаров, В.Н. Штепа*



*Исследовано изменение во времени биологических показателей качества воды из разных источников водоотбора и зависимость Coli-index от гидравлической крупности взвесей*

***Coli-index, математическое моделирование, статистика, эксперимент, скорость осаждения***

***Influence of the hydraulic characteristics of suspensions on water's Coli-index***

*F. Goncharov, V. Shtepa*

*Investigate change in time biological indicators of quality water from the different sources of the water selection and dependence Coli-index from the hydraulic characteristics suspensions.*

***Coli-index, mathematical modelling, the statistican, experiment, speed of sedimentation***