

УДК 504.75.05

Oleksandr Kovrov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Ecology and Technologies of Environmental Protection

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0782-7767> **e-mail:** kovrov.o.s@nmu.one

Daria Kulikova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Technologies of Environmental Protection

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-0188> **e-mail:** kulikova.d.v@nmu.one

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

INVESTIGATION OF THE CORRELATION BETWEEN HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF SAMARA RIVER AND POPULATION HEALTH

Abstract. *The anthropogenic load on the components of the natural environment in most regions has reached a level that threatens the population's health. The high pollution level of water sources is associated with excessive discharge of untreated and/or insufficiently treated wastewater from various sectors of the national economy. It directly or indirectly leads to a deterioration in sanitary and hygienic conditions and the spread of multiple diseases among the population. The purpose of the study is to establish the cause-and-effect relationship between the qualitative and quantitative state of the surface waters of the Samara River and certain classes of diseases of the population living in the territory of the Western Donbas region.*

Materials and methods of the study. The relationship between the qualitative and quantitative state of the surface waters of the Samara River and certain classes of diseases of the population was established using the method of statistical analysis based on the calculation of Pearson correlation coefficients with the determination of the confidence probability by comparing the calculated reliability criteria of the obtained correlation coefficients with the critical value of the Student t-criterion at different levels of significance. The study used statistical data from the State Statistics Service of Ukraine and the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine for 2011-2022.

Research results. With a high degree of probability, a direct relationship was proven between the increase in certain diseases of residents of the considered territory and the presence of pollutants in the studied reservoir. The following classes of diseases were most closely related to the qualitative and quantitative state of water: diseases of the blood and hematopoietic organs; diseases of the endocrine system; diseases of the circulatory system; diseases of the digestive system; diseases of the skin and subcutaneous tissue. Based on the results obtained, it will be possible to develop an operational system of environmental protection measures and measures to preserve the health of the population living in the surrounding areas.

Keywords: *water quality, pollution, population morbidity, correlation dependence.*

О.С. Ковров, Д.В. Кулікова

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ РІЧКИ САМАРА ТА СТАНОМ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Анотація. Техногенне навантаження на компоненти навколишнього природного середовища в більшості регіонах планети досягло рівня, що є загрозою для здоров'я населення. Високий рівень забруднення водних джерел пов'язаний з надмірним скидом неочищених та/або недостатньо очищених стічних вод різних галузей народного господарства. Це прямо чи опосередковано призводить до погіршення санітарно-гігієнічних умов та розповсюдження різних видів захворювань серед населення.

Мета дослідження полягає у встановленні причинно-наслідкового взаємозв'язку якісно-кількісного стану поверхневих вод річки Самара і певних класів захворювань населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону.

Матеріали та методи дослідження. Взаємозв'язок якісно-кількісного стану поверхневих вод річки Самара і певних класів захворювань населення встановлювався за допомогою методу статистичного аналізу на основі розрахунку коефіцієнтів кореляції Пірсона з визначенням довірчої ймовірності шляхом порівняння розрахованих критеріїв достовірності отриманих коефіцієнтів кореляції з критичним значенням t-критерію Стьюдента при різних рівнях значущості. При дослідженні використовувалися статистичні дані Державної служби статистики України і Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України за період 2011-2022 роки.

Результати дослідження. З високою частотою вірогідності доведено прямий зв'язок між збільшенням певних класів захворювань мешканців даної території та наявністю забруднюючих речовин у досліджуваній водоймі. Найбільш пов'язаними з якісно-кількісним станом води виявилися такі класи захворювань: хвороби крові і кровотворних органів; хвороби ендокринної системи; хвороби системи кровообігу; хвороби органів травлення; хвороби шкіри та підшкірної клітковини. На підставі отриманих результатів у майбутньому буде можлива розробка оперативної системи природоохоронних заходів та заходів щодо збереження здоров'я населення, що мешкає на прилеглих територіях.

Ключові слова: якість води, забруднення, захворюваність населення, кореляційна залежність.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.3.139-152>

Вступ

Гігантські масштаби індустріалізації країни, видобуток мінеральної сировини та енергетичних ресурсів призводять до подальшого посилення антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище, забруднення компонентів довкілля промисловими викидами, скидами і відходами. Все це прямо чи опосередковано впливає на умови життя людей, суттєво змінює природні, в тому числі й кліматичні, процеси та якість довкілля і здоров'я населення.

Проблема чистої води найбільш гостро стоїть у щільно населених та розвинених у господарському відношенні районах країни, де подальше зростання населення, промислового та сільськогосподарського виробництва залежить від водних ресурсів.

Інтенсивне використання водних ресурсів спричиняє різкі зміни їхніх якісних параметрів, внаслідок скиду у водойми найрізноманітніших забруднювачів антропогенного походження.

Підвищення вмісту у воді небезпечних елементів (важкі метали та їхні сполуки) відбувається внаслідок безпосереднього скиду стічних вод у поверхневі водойми, змивання з територій промислових та урбанізованих ділянок, випадіння із забрудненої атмосфери, вилуговування кислотними опадами з відвалів на водозборі. В комплексі це призводить до збагачення вод великим спектром мікроелементів, багато з яких є токсичними для людини.

Водні об'єкти є кінцевими акумуляторами всіх видів забруднення. Вони тією чи іншою мірою визначають сумарну дозу забруднюючих речовин, що надходять у навколишнє середовище. В досліджуваному регіоні з розвинутою гірничодобувною промисловістю провідним фактором довкілля, що негативно впливає на здоров'я населення, є забруднення водних об'єктів – джерел питного постачання населення. З питною водою забруднюючі речовини здатні проникати в організм, накопичуватися та обумовлювати захворювання населення.

На теперішній час пропонуються різні методи та способи вирішення проблеми забруднення водних об'єктів, розташованих в районі вугледобутку [1-4], вдосконалюються конструкції очисних споруд і технологічні схеми водовідведення [5-14], але не відомо, які саме забруднюючі речовини більшою мірою впливають на здоров'я людини.

Система очищення води, що використовується на станціях водопідготовки, неефективна по відношенню до металів. Їхній вміст у воді при подачі населенню мало відрізняється від вмісту в природних водах поблизу водозабору, а в деяких випадках навіть стає більшим. Дослідження питних вод та зміни вмісту металів на різних стадіях водопідготовки показали, що вода не тільки не очищується від металів, але відбувається наростання їхньої концентрації (зокрема, Fe та Mn), внаслідок вилуговування із трубопроводів у процесі подачі води населенню [15, 16].

Використання такої води населенням для господарсько-питних чи культурно-побутових цілей може призвести до негативних наслідків для здоров'я людей [17].

Дані медичних досліджень свідчать про те, що майже 80% усіх захворювань населення нашої планети пов'язані з порушенням санітарно-гігієнічних норм водопостачання та незадовільною якістю питної води [18].

На теперішній час антропогенне навантаження на різні компоненти навколишнього середовища в багатьох регіонах нашої планети вже досягло рівня, що загрожує здоров'ю населення. Вплив несприятливих чинників довкілля призводить до змін функціонального стану органів людини, підвищення рівня захворюваності, збільшення кількості людей з інвалідністю, передчасного старіння нації та скорочення тривалості життя.

Небезпечні хімічні речовини можуть потрапляти до організму людини разом з їжею, водою та/або повітрям. Саме тому дуже складно встановити зв'язок між якісним станом поверхневих водойм та здоров'ям населення, що

мешкає на прилеглих територіях. Багато досліджень проведено з метою оцінки стану компонентів навколишнього середовища, які перебувають під надмірним впливом антропогенного навантаження того чи іншого регіону [19, 20], але до сих пір не була встановлена кореляційна залежність між показниками забруднення поверхневих водойм та класами захворювання населення, що мешкає на досліджуваній території.

Метою роботи є встановлення причинно-наслідкового взаємозв'язку між якісно-кількісним станом поверхневих вод річки Самара та певними класами захворювань населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону, за допомогою методу статистичного аналізу на основі розрахунку коефіцієнтів кореляції Пірсона з визначенням довірчої ймовірності шляхом порівняння розрахованих критеріїв достовірності отриманих коефіцієнтів кореляції з критичним значенням t -критерію Стюдента при різних рівнях значущості.

Методика дослідження

Статистика розробила безліч методів вивчення зв'язків, вибір яких залежить від цілей дослідження та поставлених завдань. Ознаки за значенням вивчення взаємозв'язку поділяються на два класи. Ознаки, що зумовлюють зміну інших, пов'язаних із ними ознак, називаються факторними (X -незалежний фактор). Ознаки, що змінюються під дією факторних ознак, називаються результативними (Y -залежний фактор).

Мірою взаємозв'язку двох випадкових величин є критерій, який отримав назву коефіцієнта кореляції. Коефіцієнт кореляції є безрозмірною величиною, і його значення не залежить від одиниць виміру випадкових величин X і Y . Оцінюючи сили зв'язку коефіцієнтів кореляції, використовується шкала Чеддока, подана в табл. 1 [21].

Таблиця 1. Шкала оцінки сили зв'язку коефіцієнтів кореляції

Величина коефіцієнта кореляції	Характеристика сили зв'язку
$0 < r_{xy} < 0,100$	майже відсутній зв'язок
$0,101 < r_{xy} < 0,300$	слабкий зв'язок
$0,301 < r_{xy} < 0,500$	помірний зв'язок
$0,501 < r_{xy} < 0,700$	зв'язок середньої сили
$0,701 < r_{xy} < 0,900$	сильний зв'язок
$0,901 < r_{xy} < 1,000$	дуже сильний зв'язок

Для оцінки ступеня взаємозв'язку між двома вибірками найбільшого поширення набув коефіцієнт лінійної кореляції (Пірсона), що передбачає нормальний закон розподілу спостережень. Він заснований на припущенні, що за повної незалежності ознак X і Y відхилення значень факторної ознаки від середньої $(X_i - \bar{X})$ мають випадковий характер і повинні випадково поєднуватися з різними відхиленнями $(Y_i - \bar{Y})$. За наявності значної переваги збігів або розбіжностей таких відхилень робиться припущення про наявність зв'язку між X і Y .

Щоб розпочати розрахунки коефіцієнта кореляції Пірсона необхідно виконання наступних умов:

1. Досліджувані параметри X та Y мають бути розподілені нормально.
2. Досліджувані параметри X та Y повинні бути виміряні в інтервальній шкалі або шкалі відносин.

3. Кількість значень досліджуваних параметрів X і Y має бути однаковою.

Алгоритм обчислення коефіцієнта кореляції Пірсона наступний [21]:

1. Побудувати статистичні ряди для кожної із зіставляваних ознак, позначивши перший і другий ряд чисел відповідно X_i та Y_i .

2. Визначити для кожного статистичного ряду середні арифметичні значення за формулами:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad (2)$$

n – кількість статистичних спостережень (об'єктів у вибірці).

3. Знайти відхилення кожного із чисел статистичного ряду від значення своєї середньої арифметичної за формулами:

$$D_x = (X_i - \bar{X}), \quad (3)$$

$$D_y = (Y_i - \bar{Y}). \quad (4)$$

4. Отримані відхилення перемножити ($D_x \cdot D_y$) та підсумовувати їх ($\sum(D_x \cdot D_y)$).

5. Кожне відхилення звести в квадрат і підсумовувати по кожному статистичному ряду ($\sum(D_x)^2$ та $\sum(D_y)^2$).

6. Підставити отримані значення у формулу для розрахунку коефіцієнта кореляції Пірсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum(D_x \cdot D_y)}{\sqrt{(\sum(D_x)^2 + \sum(D_y)^2)}}. \quad (5)$$

7. Інтерпретуючи значення лінійного коефіцієнта кореляції, слід мати на увазі, що він розрахований зазвичай для обмеженого числа спостережень і схильний до випадкових коливань, як і самі значення параметрів X і Y , на основі яких він був встановлений. Іншими словами, як будь-який вибірковий показник, він містить випадкову помилку і не завжди однозначно відображає дійсний реальний зв'язок між параметрами, що вивчаються. Звідси нерідко виникає питання надійності отриманого результату. Для того, щоб оцінити суттєвість (значимість) самого лінійного коефіцієнта кореляції та відповідно реальність вимірюваного зв'язку між параметрами X та Y , необхідно розрахувати середню квадратичну помилку коефіцієнта кореляції Пірсона за формулою:

$$m_r = \sqrt{\frac{1 - (r_{xy})^2}{n - 2}}. \quad (6)$$

8. Щоб перевірити, чи значущі параметри, тобто чи вони відрізняються від нуля, для генеральної сукупності використовують статистичні методи перевірки гіпотез.

Перевірка статистичних гіпотез – це процес формування рішення про можливість прийняти чи спростувати твердження (гіпотезу), що ґрунтується на інформації, отриманій з аналізу вибірки.

В якості основної (нульової) гіпотези висувають твердження про незначну відмінність від нуля параметра або статистичної характеристики в генеральній сукупності, тобто всі події сталися випадково, природним чином. Поряд з основною гіпотезою, що перевіряється, висувають альтернативну (конкуруючу) про нерівність нулю параметра або статистичної характеристики, тобто події випадковим чином відбутися не могли і мав вплив певний чинник. Якщо основна гіпотеза виявиться неправильною, приймається альтернативна.

Зазвичай, нульова гіпотеза формулюється таким чином, щоб на підставі експерименту або спостережень її можна було відкинути із заздалегідь заданою ймовірністю помилки p . Ця заздалегідь задана ймовірність помилки називається рівнем значущості.

Рівень значущості – максимальне значення ймовірності появи події, при якому подія вважається практично неможливою. В статистиці найбільшого поширення набув рівень значущості, що дорівнює $p=0,05$. Тому, якщо ймовірність, з якою подія, що цікавить, може статися випадковим чином $p<0,05$, то прийнято вважати цю подію малою ймовірною, і якщо вона все ж таки відбулася, то це не було випадковим. У найбільш відповідальних випадках, коли потрібна особлива впевненість у достовірності отриманих результатів, надійності висновків, рівень значущості приймають рівним $p=0,01$ або навіть $p=0,001$.

Величину P , що дорівнює $(1-p)$, називають довірчою ймовірністю (рівнем надійності), тобто ймовірністю, визнаною достатньою для того, щоб впевнено судити про прийняте статистичне рішення. Відповідно, в якості довірчих ймовірностей вибирають значення 0,95, 0,99 або 0,999.

Інтервал, в якому із заданою довірчою ймовірністю $P=(1-p)$ знаходиться параметр, що оцінюється, називається довірчим інтервалом. Відповідно до довірчих ймовірностей на практиці використовуються 95-, 99-, 99,9-відсоткові довірчі інтервали.

Для перевірки гіпотез використовують так звані статистичні критерії відмінності, які поділяються на параметричні та непараметричні. Параметричні критерії служать для перевірки гіпотез про параметри певних розподілів генеральної сукупності (найчастіше нормального розподілу). З параметричних критеріїв найбільшою популярністю під час перевірки гіпотез про рівність генеральних середніх (математичних очікувань) користується t -критерій Стюдента (t -критерій відмінності). Критерій дозволяє знайти ймовірність того, що обидва середні відносяться до однієї і тієї ж сукупності. Якщо ця ймовірність P нижче рівня значимості ($p<0,05$), прийнято вважати, що вибірки відносяться до двох різних сукупностей.

Критерій достовірності розрахованого коефіцієнта кореляції Пірсона визначають за формулою:

$$t_r = \frac{r_{xy}}{m_r}. \quad (7)$$

Отриманий критерій t_r оцінюється за таблицею критичних значень t -критерію Стюдента при різних рівнях значущості (p) з урахуванням числа ступенів свободи $v=n-2$. Таким чином, табличне значення t -критерію Стюдента залежить і від довірчої ймовірності, і від кількості факторів, і від довжини вихідного статистичного ряду. Якщо розрахована величина критерію достовірності t_r перевищує табличне значення або принаймні дорівнює йому ($t_r \geq t_{st}$), то основну (нульову) гіпотезу відкидають і вважають, що з ймовірністю $(1-p)$ параметр або статистична характеристика в генеральній сукупності значно відрізняється від нуля, тобто взаємозв'язок між ознаками статистично значущий. Якщо фактичне значення t_r менше табличного ($t_r < t_{st}$), немає підстав відкидати основну (нульову) гіпотезу, тобто параметр або статистична характеристика в генеральній сукупності незначно відрізняється від нуля при рівні значущості p , тобто взаємозв'язок між ознаками відсутній. Чим менший рівень значущості, тим більша достовірність, тобто $0,001 < 0,01 < 0,05$.

Коефіцієнт кореляції визнається надійним із довірчою ймовірністю понад 95%.

Результатом кореляційного аналізу є побудова матриці, в якій записано коефіцієнти кореляції Пірсона, що характеризують взаємозв'язки однієї ознаки з іншою. Зручніше таку матрицю подати у вигляді таблиці, заголовками рядків і стовпців якої є змінні, що обробляються, а на перетині рядків і стовпців виводяться коефіцієнти кореляції для відповідної пари ознак. Аналогічним чином будується матриця у вигляді таблиці, в якій записано критерії достовірності отриманих значень коефіцієнтів кореляції Пірсона.

Результати дослідження

Річка Самара відноситься до середніх річок Наддніпрянщини (рис. 1). Більша частина Самари протікає територією Дніпропетровської області (187 км). Самара є притокою I порядку річки Дніпро, яка впадає в Дніпровське водосховище в районі міста Дніпро.

Сучасний стан басейну річки Самара обумовлений тривалим та інтенсивним впливом антропогенних факторів. Масштабний вплив на екологічний стан водного об'єкта триває вже понад 80 років. Перші зміни якісних та кількісних характеристик річкової системи відбулися після спорудження ДніпроГЕС та Дніпровського водосховища. Надалі антропогенний вплив на компоненти всієї екосистеми річки Самара зумовлений інтенсивним розвитком промисловості та сільського господарства. Наступним фактором, який суттєво вплинув на подальше існування всіх складових екосистеми річки, був процес вуглевидобутку (видобуток вугілля супроводжується скидом мінералізованих шахтних вод у заплаву річки Самара). Особливо інтенсивно цей процес почав проявлятися з першої половини 1970-х років XX століття. До того ж з середини 50-х років XX століття річка Самара почала приймати через свої притоки (річка Вовча) шахтні води Центрального Донбасу.



Рис. 1. Басейн річки Самара (Джерело: <https://images.app.goo.gl/YnaCEUdhTXD7RabV6>)

При дослідженні причинно-наслідкового взаємозв'язку між станом забруднення поверхневих вод річки Самара та класами захворюваності населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону, використовувалися статистичні дані Державної служби статистики України і Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України за період 2011-2022 роки.

В якості X -незалежних факторів обрано показники, що характеризують якісно-кількісний стан поверхневих вод річки Самара, а саме:

1. Скид забруднених зворотних вод у поверхневий водний об'єкт, млн м^3 .
2. Вміст сульфатів у поверхневих водах річки Самара, тис. тонн.
3. Вміст хлоридів у поверхневих водах річки Самара, тис. тонн.
4. Вміст сухого залишку в поверхневих водах річки, тис. тонн.
5. Вміст завислих речовин у поверхневих водах річки Самара, тис. тонн.
6. Вміст заліза в поверхневих водах річки Самара, тонни.
7. Вміст міді в поверхневих водах річки Самара, тонни.
8. Вміст цинку в поверхневих водах річки Самара, тонни.
9. Вміст нікелю в поверхневих водах річки Самара, тонни.
10. Вміст хрому в поверхневих водах річки Самара, тонни.
11. Вміст марганцю в поверхневих водах річки Самара, тонни.
12. Вміст свинцю в поверхневих водах річки Самара, тонни.

13. Показник БСК (біологічного споживання кисню) в поверхневих водах річки Самара, тис. тонн.

14. Вміст нафтопродуктів у поверхневих водах річки Самара, тонни.

В якості Y -залежних факторів, що змінюються під дією X -незалежних, обрано наступні класи захворювань населення (кількість випадків захворювань в розрахунку на 100000 населення), що мешкає на території Західно-Донбаського регіону:

A. Новоутворення.

B. Хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму.

C. Хвороби ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин.

D. Хвороби системи кровообігу.

E. Хвороби органів травлення.

F. Хвороби шкіри та підшкірної клітковини.

G. Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини.

I. Хвороби сечостатевої системи.

J. Вроджені аномалії (вади розвитку), деформації та хромосомні порушення.

K. Окремі стани, що виникають у перинатальному періоді (захворюваність дітей віком до одного року).

Коефіцієнт кореляції Пірсона розраховувався за формулами (1)-(5). Результати встановлення причинно-наслідкового взаємозв'язку між якістю поверхневих вод річки Самара та станом здоров'я населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону, наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції якості поверхневих вод річки Самара та стану здоров'я населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону

Показники*	Класи хвороб, відповідно до прийнятої літери									
	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K
1	0,51	0,85	0,78	0,74	0,80	0,82	-0,01	0,549	-0,39	0,69
2	0,72	0,68	0,69	0,83	0,73	0,37	0,44	0,109	-0,01	0,81
3	0,52	0,36	0,70	0,66	0,36	0,47	0,13	-0,02	0,081	0,42
4	0,71	0,66	0,70	0,86	0,71	0,40	0,41	0,085	0,048	0,77
5	0,64	0,71	0,71	0,89	0,73	0,48	0,33	0,128	0,005	0,74
6	0,64	0,71	0,73	0,92	0,75	0,46	0,28	0,189	-0,03	0,74
7	0,34	0,82	0,78	0,78	0,73	0,86	-0,12	0,498	-0,37	0,55
8	0,86	0,55	0,48	0,61	0,67	0,36	0,39	0,213	0,006	0,79
9	0,53	0,70	0,72	0,88	0,68	0,65	-0,01	0,317	-0,12	0,58
10	0,24	0,83	0,65	0,32	0,64	0,79	-0,25	0,678	0,783	0,54
11	0,83	0,62	0,63	0,81	0,79	0,20	0,55	0,156	0,030	0,91
12	0,26	0,82	0,22	0,69	0,74	0,80	-0,28	0,642	-0,26	0,41
13	0,61	0,85	0,76	0,86	0,86	0,67	0,18	0,422	0,241	0,80
14	0,41	0,76	0,73	0,81	0,66	0,77	0,042	0,268	-0,17	0,56

Примітки: *Показники, що характеризують якісно-кількісний стан поверхневих вод річки Самара, відповідно до порядкового номеру

Прийнято основну (нульову) гіпотезу – взаємозв'язок між якістю поверхневих вод річки Самара та станом здоров'я населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону, відсутній, тобто досліджувані параметри незначно відрізняються від нуля при рівні значущості p . Під альтернативною (конкуруючою) гіпотезою мається на увазі, що досліджувані параметри значно відрізняються від нуля, тобто взаємозв'язок між ознаками є статистично значущим.

Для підтвердження або спростування нульової гіпотези розраховано критерії достовірності визначених коефіцієнтів кореляції Пірсона за формулами (6)-(7). Результати розрахунку критеріїв достовірності отриманих значень коефіцієнтів кореляції якості поверхневих вод річки Самара та стану здоров'я населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону, наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Результати розрахунку критеріїв достовірності отриманих значень коефіцієнтів кореляції якості поверхневих вод річки Самара та стану здоров'я населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону

Показники*	Класи хвороб, відповідно до прийнятої літери									
	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K
1	1,43	3,95	3,00	2,69	3,27	3,54	0,02	1,53	1,05	2,36
2	2,53	2,28	2,32	3,62	2,62	0,97	1,18	0,27	0	3,4
3	1,50	0,95	2,43	2,16	0,93	1,32	0,32	0,04	0,20	1,15
4	2,47	2,12	2,41	4,20	2,46	1,07	1,10	0,21	0,12	2,98
5	2,04	2,45	2,47	4,78	2,58	1,32	0,87	0,32	0,01	2,69
6	2,02	2,49	2,62	5,88	2,74	1,27	0,71	0,47	0,08	2,68
7	0,87	3,55	3,03	3,00	2,63	4,20	0,30	1,41	0,98	1,63
8	4,07	1,60	1,35	1,89	2,20	0,95	1,05	0,53	0,02	3,17
9	1,54	2,38	2,51	4,59	2,25	2,11	0	0,82	0,29	1,76
10	0,60	3,62	2,09	0,82	2,01	3,20	0,64	2,26	3,08	1,58
11	3,66	1,96	1,98	3,41	3,17	0,50	1,63	0,39	0,07	5,15
12	0,66	3,52	0,56	2,34	2,70	3,21	0,72	2,05	0,66	1,11
13	1,91	3,90	2,86	4,13	4,18	2,18	0,46	1,14	0,61	3,21
14	1,09	2,86	2,61	3,32	2,17	2,93	0,10	0,68	0,41	1,65

Примітки: *Показники, що характеризують якісно-кількісний стан поверхневих вод річки Самара, відповідно до порядкового номеру

Отримані критерії достовірності оцінюються за таблицею критичних значень t -критерію Стюдента при рівнях значущості (p) 0,05, 0,01 та 0,001 з урахуванням числа ступенів свободи, що дорівнює $\nu=n-2=10-2=8$. Значення t -критерію Стюдента для 5%- , 1%- та 0,1%-го рівня значущості для числа ступенів свободи $\nu=8$ наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Критичні значення t -критерію Стюдента для 5%- , 1%- та 0,1%-го рівня значущості для числа ступенів свободи $\nu=8$ [21]

Межі значень		
$p=0,05$	$p=0,01$	$p=0,001$
$t_{st}>2,31$	$t_{st}>3,36$	$t_{st}>5,04$

Найбільш пов'язаними з якістю води (скид забруднених зворотних вод у поверхневий водний об'єкт) виявилися наступні класи захворювань:

- хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму;
- хвороби ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин;
- хвороби системи кровообігу;
- хвороби органів травлення;
- хвороби шкіри та підшкірної клітковини.

Саме між цими досліджуваними параметрами спостерігається «сильний» позитивний зв'язок ($0,701 < |r_{xy}| < 0,900$). Тобто чим більше в поверхневій воді річки Самара скидається забруднених або недостатньо очищених стічних вод, тим більше випадків захворювання на вище зазначені класи хвороб реєструється лікарями. При цьому критерії достовірності отриманих величин коефіцієнтів кореляції перевищують табличне значення t -критерію Стюдента для числа ступенів свободи $\nu=8$. Це свідчить про те, що прийнята нульова гіпотеза спростовується і приймається альтернативна, тобто зв'язок між якісним складом поверхневих вод річки Самара та рівнем захворюваності на хвороби ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин, системи кровообігу та органів травлення з довірчою ймовірністю 95% вважається статистично значущим. Між якісним складом поверхневих вод річки Самара та хворобами шкіри та підшкірної клітковини, крові, кровотворних органів та окремими порушеннями із залученням імунного механізму довірна ймовірність складає 99%. Крім того, зв'язок між якісним складом поверхневих вод річки Самара та окремими станами, що виникають у перинатальному періоді, оцінюється як «середньої сили» ($0,501 < |r_{xy}| < 0,700$), але критерій достовірності отриманого коефіцієнта кореляції перевищує табличне значення t -критерію Стюдента для $p=0,05$ рівня значущості, що дозволяє стверджувати, що зв'язок між досліджуваними параметрами з довірчою ймовірністю 95% вважається статистично значущим.

Наслідками підвищення вмісту сульфатів у поверхневих водах річки Самара є збільшення рівня захворюваності на новоутворення, хвороби системи кровообігу та органів травлення, окремі стани, що виникають у перинатальному періоді.

Підвищення вмісту хлоридів у поверхневих водах річки Самара збільшує кількість захворювань ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин.

Підвищення рівня мінералізації (сухого залишку) в поверхневих водах річки Самара збільшує кількість захворювань на новоутворення; хвороби ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин; хвороби системи кровообігу; органів травлення; окремі стани, що виникають у перинатальному періоді.

Наслідками підвищення вмісту завислих речовин у поверхневих водах річки Самара є збільшення рівня захворюваності на хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму; ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин; системи кровообігу; органів травлення; окремі стани, що виникають у перинатальному періоді.

Підвищення вмісту заліза в поверхневих водах річки Самара збільшує кількість захворювань на хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму; ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин; системи кровообігу; органів травлення; окремі стани, що виникають у перинатальному періоді.

Наслідками підвищення вмісту міді в поверхневих водах річки Самара є збільшення рівня захворюваності на хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму; ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин; системи кровообігу; органів травлення; шкіри та підшкірної клітковини.

Підвищення вмісту цинку в поверхневих водах річки Самара призводить до збільшення рівня захворюваності на новоутворення та окремі стани, що виникають у перинатальному періоді.

Наслідками підвищення вмісту нікелю в поверхневих водах річки Самара є збільшення рівня захворюваності на хвороби системи кровообігу та ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин.

Підвищення вмісту хрому в поверхневих водах річки Самара призводить до збільшення рівня захворюваності на хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму; шкіри та підшкірної клітковини; вроджені аномалії (вади розвитку), деформації та хромосомні порушення.

Підвищення вмісту марганцю в поверхневих водах річки Самара збільшує кількість захворювань на новоутворення, системи кровообігу та органів травлення, окремі стани, що виникають у перинатальному періоді.

Наслідками підвищення вмісту свинцю в поверхневих водах річки Самара є збільшення рівня захворюваності на хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму; органів травлення; шкіри та підшкірної клітковини.

Підвищення показника БСК в поверхневих водах річки Самара призводить до збільшення рівня захворюваності на хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму; ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин; системи кровообігу; органів травлення; окремі стани, що виникають у перинатальному періоді.

Наслідками підвищення вмісту нафтопродуктів у поверхневих водах річки Самара є збільшення рівня захворюваності на хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму; системи кровообігу; ендокринної системи, розлади харчування, порушення обміну речовин; шкіри та підшкірної клітковини.

Таким чином, з великою часткою вірогідності можна стверджувати, що незадовільна якість поверхневих вод річки Самара призводить до захворювань населення, послаблення імунітету і, можливо, підвищення смертності мешканців Західно-Донбаського регіону.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Антропогенний вплив на водні екосистеми басейну річки Самара призводить не лише до їхнього кількісного виснаження, але й до деградації якісного складу природних вод. Це пов'язано з надмірними обсягами скиду стічних вод, різним ступенем їхнього очищення та якістю.

В даний час для досліджуваного регіону характерним є високий ступінь мінералізації та погіршення якості поверхневих вод, а це, в свою чергу, може завдати шкоди наземним агроекосистемам, оскільки ці води використовуються для поливу, та здоров'ю населення.

Аналіз даних статистики щодо якісно-кількісного стану поверхневих вод річки Самара та захворюваності населення, що мешкає на території Західно-Донбаського регіону, дозволяє з високою часткою вірогідності припустити прямий зв'язок між збільшенням певних класів захворювань мешканців даної території та наявністю забруднюючих речовин у досліджуваній водоймі.

Проблема впливу різних факторів навколишнього природного середовища як антропогенного, так і природного походження на екологічну ситуацію, що склалася на території Західно-Донбаського регіону, трудові ресурси та здоров'я людини є сьогодні однією з найактуальніших, що має величезне соціально-економічне значення.

Медико-екологічні проблеми в Україні є дуже гострими і потребують постійного спостереження за впливом довкілля на стан здоров'я населення країни з визначенням пріоритетних факторів, що формують здоров'я, і на цій основі – розробки науково-обґрунтованих оздоровчих заходів, у тому числі й природоохоронних. У зв'язку з цим ще гостріше постає проблема розробки та впровадження медико-екологічного моніторингу, метою якого буде створення на території Західно-Донбаського регіону моніторингової мережі спостереження за якістю довкілля та встановлення причинно-наслідкового взаємозв'язку між ними. На підставі отриманих даних у майбутньому буде можлива розробка оперативної системи природоохоронних заходів та заходів щодо збереження здоров'я.

Дані висновки вказують на необхідність проведення в подальшому більш глибоких досліджень для коректування нормативів якості поверхневих вод з урахуванням регіональної специфіки умов і факторів забруднення навколишнього середовища, розробки більш досконалих систем водопідготовки для зниження рівня захворюваності населення, що мешкає на прилеглих територіях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Tiwary, R. K. (2001). Environmental Impact of Coal Mining on Water Regime and Its Management. *Water, Air, & Soil Pollution*, 132, 185-199. doi: 10.1023/A:1012083519667
2. Ray, S. & Dey, K. (2020). Coal Mine Water Drainage: The Current Status and Challenges. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*, 101, 165-172. doi: <https://doi.org/10.1007/s40033-020-00222-5>
3. Singh, G. (1988). Impact of coal mining on mine water quality. *International Journal of Mine Water*, 7, 49-59. doi: <https://doi.org/10.1007/BFO2504598>
4. Bian, Z., Jnyang, H. J., Daniels, J. L., Otto, F. & Struthers, S. (2010). Environmental issues from coal mining and their solutions. *Mining Science and Technology (China)*, 20(2), 215-223. doi: [https://doi.org/10.1016/S1674-5264\(09\)60187-3](https://doi.org/10.1016/S1674-5264(09)60187-3)
5. Dutta, D., Arya, S & Kumar, S. (2021). Industrial wastewater treatment: Current trends, bottlenecks, and best practices. *Chemosphere*, 285, 131245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131245>
6. Jhansi, S. C. & Mishra, S. K. (2013). Wastewater treatment and reuse: Sustainability options. *Consilience*, 10, 1-15.
7. Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., et al. (2021). Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232, 208. doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8>

8. Khan, S. A., Ponce, P., Yu, Z., Golpir, H. & Mathew, M. (2022). Environmental technology and wastewater treatment: Strategies to achieve environmental sustainability. *Chemosphere*, 286, 131532. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131532>
9. Muga, H. E. & Mihelcic, J. R. (2008). Sustainability of wastewater treatment technologies. *Journal of Environmental Management*, 88(3), 437-447. doi: 10.1016/j.jenvman.2007.03.008
10. Yadav, M., Gupta, R. & Sharma, R. K. (2019). Green and sustainable pathways for wastewater purification. In *Advances in Water Purification Techniques*, 355-383. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814790-0.00014-4>
11. Van der Bruggen, B. (2021). Sustainable implementation of innovative technologies for water purification. *Nature Reviews Chemistry*, 5, 217-218. doi: 10.1038/s41570-021-00264-7
12. Jin, L., Zhang, G. & Tian, H. (2014). Current state of sewage treatment in China. *Water Research*, 66, 85-98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.014>
13. Rashid, R., Shiq, I., Akhter, P., Iqbal, M. J. & Hussain, M. (2021). A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: The effectiveness of adsorption method. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 9050-9066. doi: 10.1007/s11356-021-12395-x
14. Silva, J. A. (2023). Wastewater Treatment and Reuse for Sustainable Water Resources Management: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 15(14), 10940. doi: <https://doi.org/10.3390/su151410940>
15. Kurnaz, A. & Aydin, M. (2018). Radon and heavy metal risk assessments of drinking water sources. *Desalination and Water Treatment*, 130, 194-199. doi: 10.5004/dwt.2018.23009
16. Liu, Q., Han, W., Han, B., Shu, M. & Shi, B. (2018). Assessment of heavy metals in loose deposits in drinking water distribution system. *Environmental Monitoring & Assessment*, 190, 388. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6761-9>
17. Singhal, A. (2021). Heavy metals in drinking water and their impact on human health. *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities*, 11(11), 586-591. doi: <https://doi.org/10.5958/2249-7315.2021.00270.7>
18. Dahiya, V. (2022). Heavy metal toxicity of drinking water: A silent killer. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 19(01), 020-025. doi: 10.30574/gscbps.2022.19.1.0107
19. Kulikova, D. V. & Pavlychenko, A. V. (2016). Estimation of ecological state of surface water bodies in coal mining regions as based on the complex of hydrochemical indicators. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 62-70.
20. Kulikova, D., Kovrov, O., Buchavy, Y. & Fedotov, V. (2018). GIS-based Assessment of the Assimilative Capacity of Rivers in Dnipropetrovsk Region. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27(2), 274-285.
21. Fisher, R. A. (2006). *Study Guides: Statistical Methods for Research Workers* New Delhi: Cosmo Publication.

Стаття надійшла до редакції 03.04.2025 і прийнята до друку після рецензування 17.07.2025

The article was received 03.04.2025 and was accepted after revision 17.07.2025

Ковров Олександр Станіславович

доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Адреса робоча: просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0782-7767> **e-mail:** kovrov.o.s@nmu.one

Кулікова Дар'я Володимирівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Адреса робоча: просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-0188> **e-mail:** kulikova.d.v@nmu.one