

УДК: 504.61 (477.8)

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОСТОРОВИХ ЗМІН ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД КАРПАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Л.М. Архипова, кандидат технічних наук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

М.В. Корчемлюк, здобувач

Карпатський національний природний парк

*Проведено статистичну обробку результатів моніторингових спостережень за якістю поверхневих вод гідроекосистеми р. Прут у межах Карпатського національного природного парку. Виявлено закономірності зміни складових якості в просторі. Побудовано моделі екологічної норми компонентів природних вод за довжиною ріки і за висотою місцевості.*

**Ключові слова:** гідроекосистема, якість поверхневих вод, екологічна норма, просторові закономірності

Відповідно до українського природоохоронного законодавства [1], оцінка якості навколишнього природного середовища (в. т. ч. гідроекосистем) проводиться з метою встановлення гранично допустимих норм дії, що гарантують екологічну безпеку населення, збереження генофонду і забезпечують раціональне використання й відтворення природних ресурсів в умовах стійкого розвитку господарської діяльності. У зв'язку з цим виникає необхідність визначення параметрів, які дозволять із заданою детальністю і точністю оцінити стан гідроекосистеми, вичленувати зміни, спричинені дією антропогенних чинників, і отримати необхідну і достатню інформацію для прогнозу можливих змін стану екосистеми [2].

**Метою досліджень** було поступове, максимально можливе зменшення невизначеності гідроекосистем Карпатського національного природного парку (КНПП) шляхом вивчення та виявлення загальних і окремих закономірностей їх просторово-часового розвитку. Однією із задач стало моделювання гідроекологічних систем, визначення екологічної норми компонентів природних вод у межах досліджуваної території.

**Методи досліджень** – аналітичний з накопиченням матеріалів екологічної інформації щодо гідроекосистем та їх обробка; статистичний і математичний з використанням пакетів програм EXCEL

Важлива роль при організації і проведенні моніторингу належить заповідним об'єктам, на території яких здійснюється „фоновий моніторинг”, що є базовою основою при оцінці напрямів та глибини змін природних компонентів в умовах техногенезу. В межах КНПП впродовж останніх десяти років спостереження за станом екосистеми р. Прут проводили у 8-створах: вище і нижче спортивної бази «Заросляк», що під г. Говерлюю на відстані 2-3,425 км від витоку р. Прут на висоті 1300-1124 м н. р. м; вище і нижче санаторія «Гірське повітря» у м. Ворохта на відстані 26,425-27,785 км від витоку на висоті 744-736 м н. р. м; вище і нижче санаторія МВС у с. Татарів на відстані 36,045-37,878 км від витоку на висоті 680-616 м н. р. м; і у м. Яремча вище і нижче міських очисних споруд Яр. ВУВКГ на відстані 57,067-60,671 км від витоку на висоті 460-480 м н. р. м.

Виходячи з того, що надані КНПП результати моніторингу поверхневих вод показують належність води впродовж десяти років до класу «чиста» або «досить чиста», «добра» або «дуже добра», та враховуючи те, що скидання в межах КНПП комунально-побутових стічних вод не призводить в переважній більшості випадків (99%) до перевищень нормативів якості, нами запропоновано визначити екологічні норми компонентів якості природних вод та змоделювати їх просторові зміни в межах досліджуваної території.

**Результати досліджень.** За способом побудови обрали статистичну модель, засновану на математичній обробці масиву статистичних даних за результатами гідрохімічних аналізів поверхневих вод лабораторією аналітичного контролю КНПП за 2001-2010 рр. Формалізована знакова модель дає кількісний, а тому надійніший прогноз [3].

Існуюча база даних гідрохімічного моніторингу КНПП оброблена за методикою визначення середнього геометричного:

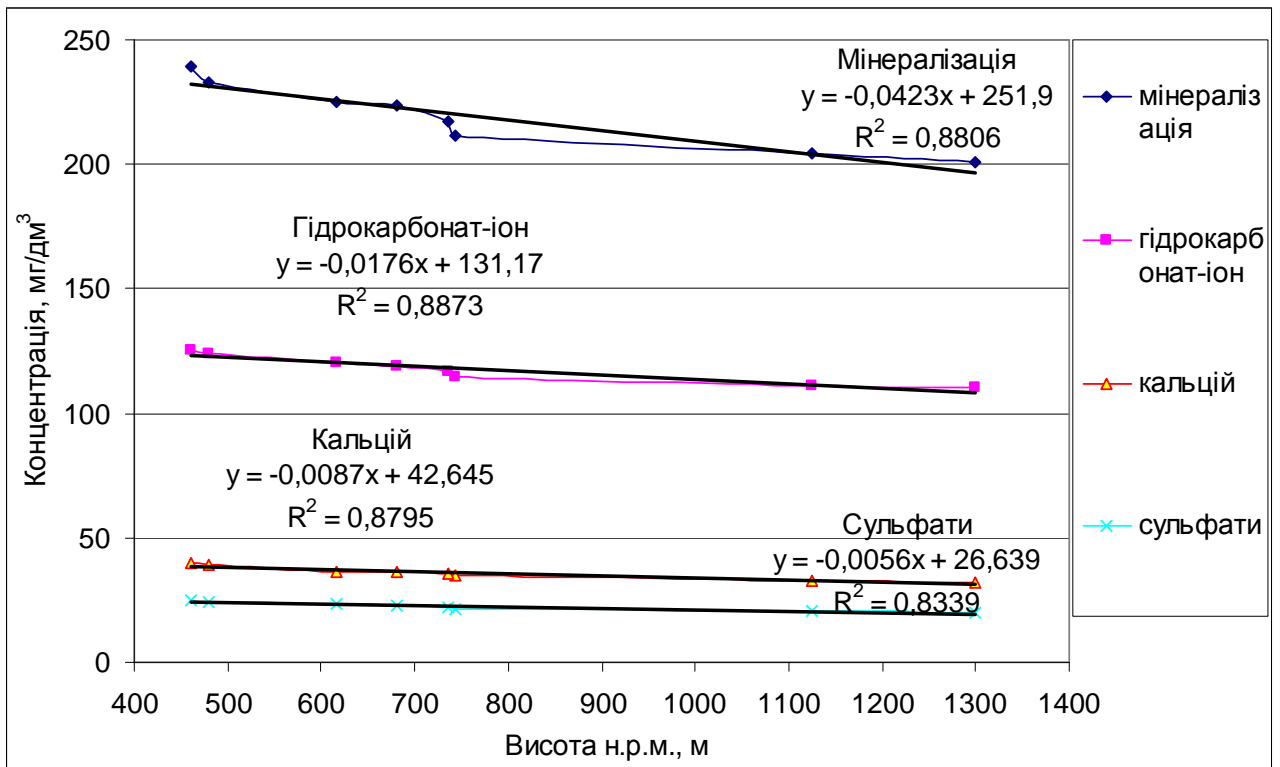
$$F(x) = \ln x, \quad (1)$$

Загальне поняття середнього таке [4]: середньою величиною є будь-яка функція  $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , така, що за всіх можливих значень аргументів значення цієї функції не менше, ніж мінімальне з чисел:  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , і не більше, ніж максимальне з цих чисел. Середнє геометричне відображає середнє арифметичне від логарифмів початкових чисел, при цьому сильно знижується вплив на середню різких крайніх відхилень, що часто спостерігається у варіаційних рядах моніторингових спостережень за якістю природних вод. За А.Н. Колмогоровим [1985] у шкалі відношень зі всіх середніх стійкими відносно порівняння є тільки ступеневі середні та середнє геометричне.

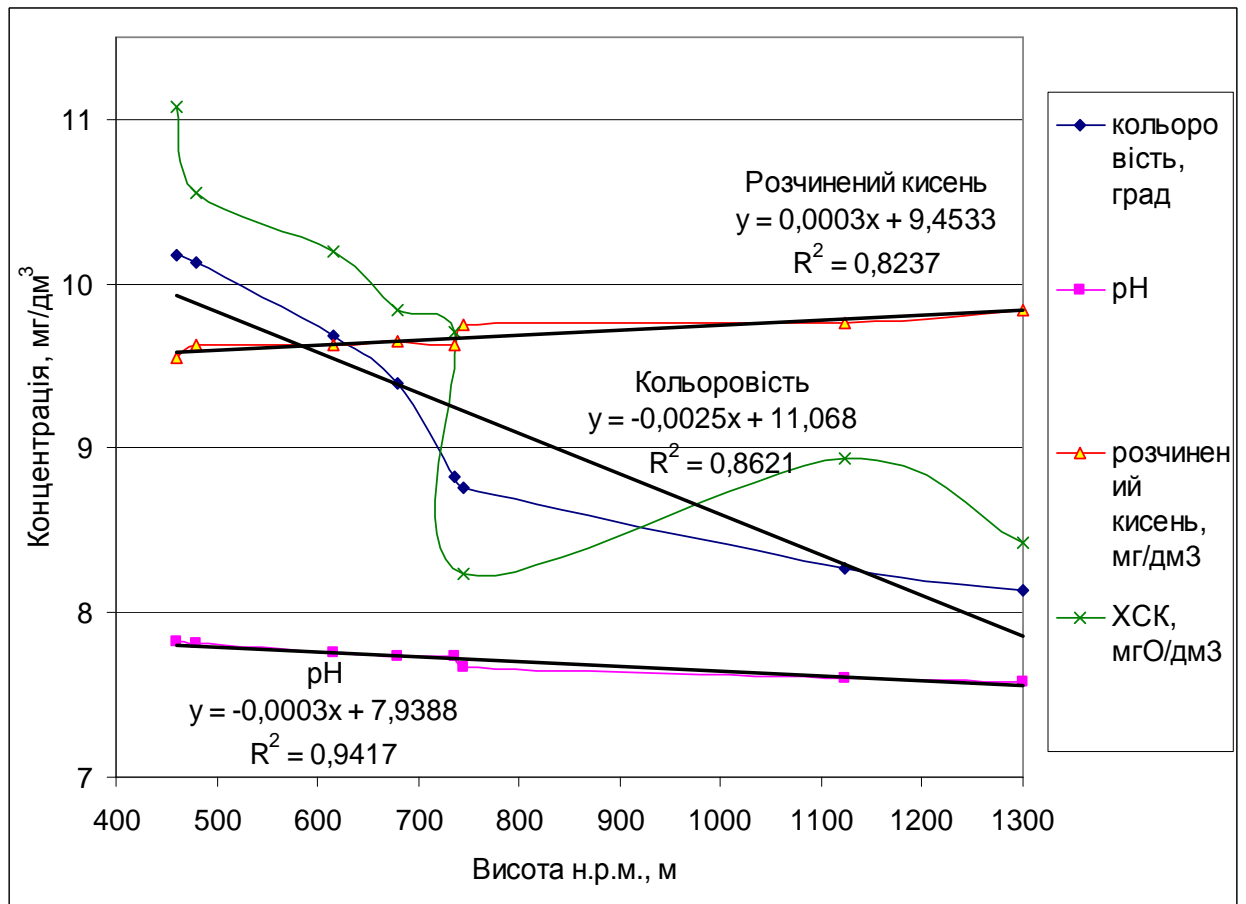
Таким чином, для кожної точки відбору проб з врахуванням всіх дат відбору одержали середні геометричні значення за 2001-2010рр. щодо кожного з таких груп компонентів:

- *загальні і сумарні гідрохімічні показники*: мінералізація, загальна жорсткість, водневий показник (рН), розчинений кисень, окислюваність перманганатна і біхроматна (ХПК), біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>);
- *концентрації неорганічних речовин*: азот нітритний, нітратний, амонійний, фосфор загальний, фосфати мінеральні, сульфати, хлориди, кальцій, магній, цинк, залізо, мідь, хром, кадмій, кобальт, марганець;
- *концентрації органічних речовин*: нафтопродукти, феноли, пестициди, формальдегід, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАВ);
- *гідрофізичні і органолептичні показники*: температура води в придонному шарі, органолептичні спостереження (запах, каламутність, кольоровість, прозорість).

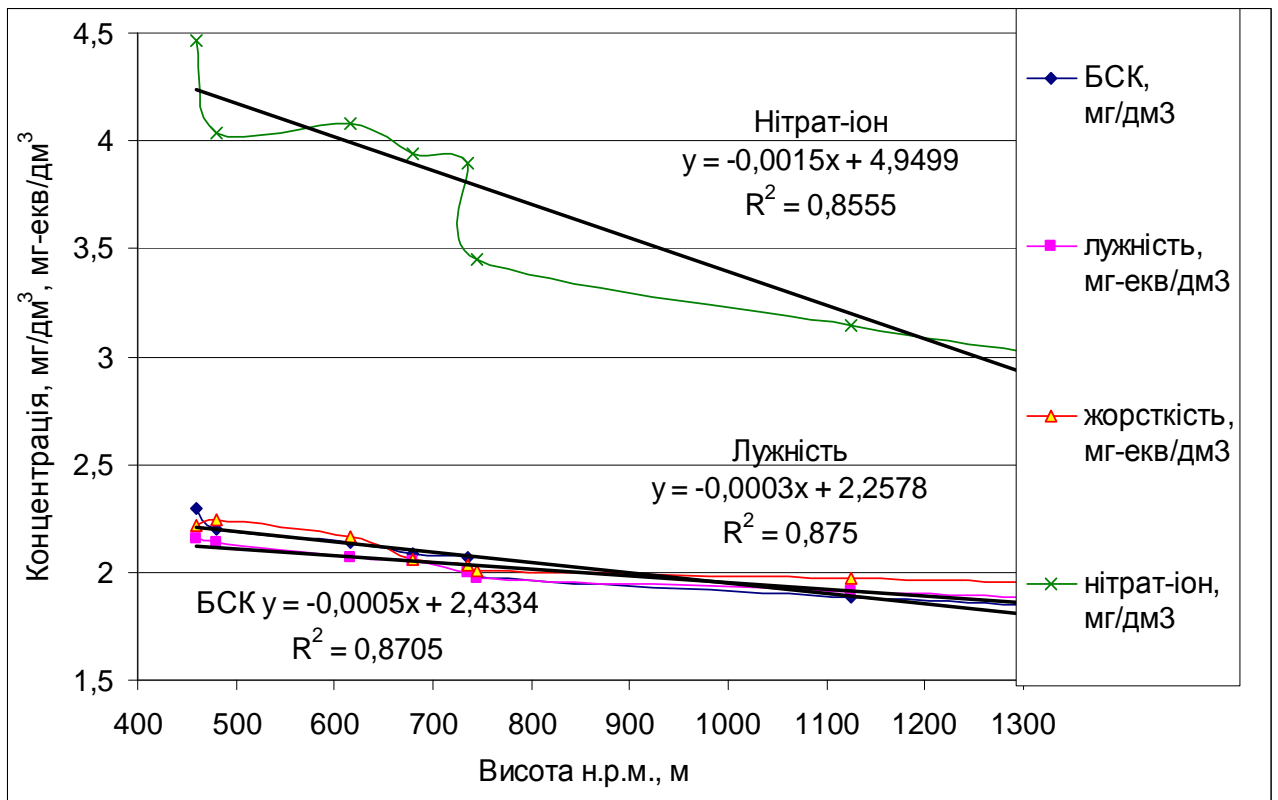
Для середньобагаторічних значень показників якості провели аналіз їх зв'язку з висотою місцевості (рис. 1 – 4) та за довжиною ріки (за даними географічної прив'язки створів спостережень) (рис. 5 – 8). Регресійний аналіз дозволяє оцінити міру зв'язку між змінними, пропонуючи механізм обчислення передбачуваного значення змінної з декількох вже відомих значень. Регресійний аналіз - це вид статистичного аналізу, який використовується для прогнозування.



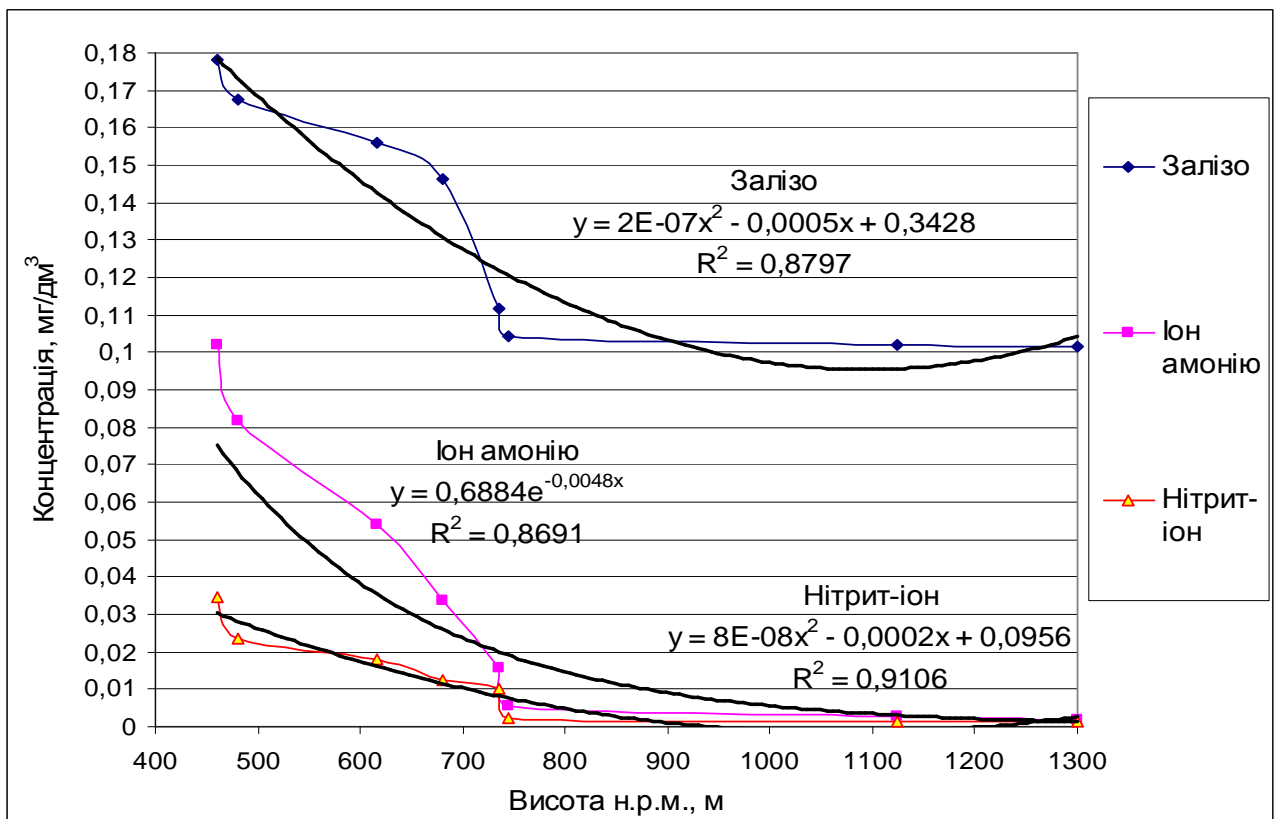
**Рис. 1** Модель екологічної норми компонентів природних вод (мінералізації,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) за висотою місцевості



**Рис. 2** Модель екологічної норми компонентів природних вод (рН, кольоровість, розчинений кисень) за висотою місцевості



**Рис. 3** Модель екологічної норми компонентів природних вод (БСК, лужність, нітрат-іон) за висотою місцевості



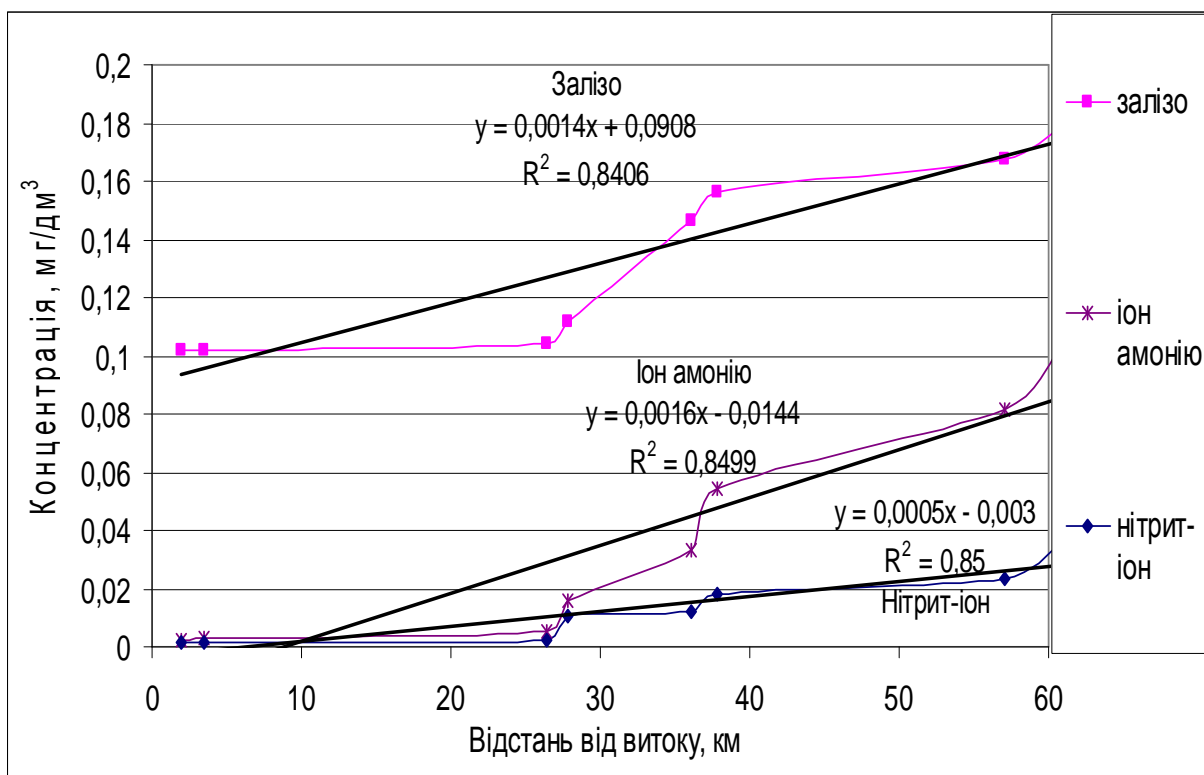
**Рис. 4** Модель екологічної норми компонентів природних вод (залізо, іон амонію, нітрит-іон) за висотою місцевості

Лініями тренду доповнені ряди даних, представлені на лінійчатих діаграмах. Використання лінії тренду (лінійна, поліноміальна, експоненціальна) визначається типом даних та достовірністю коефіцієнта апроксимації. До модельних кривих не включені тренди, за якими отриманий коефіцієнт апроксимації менше 0,8.

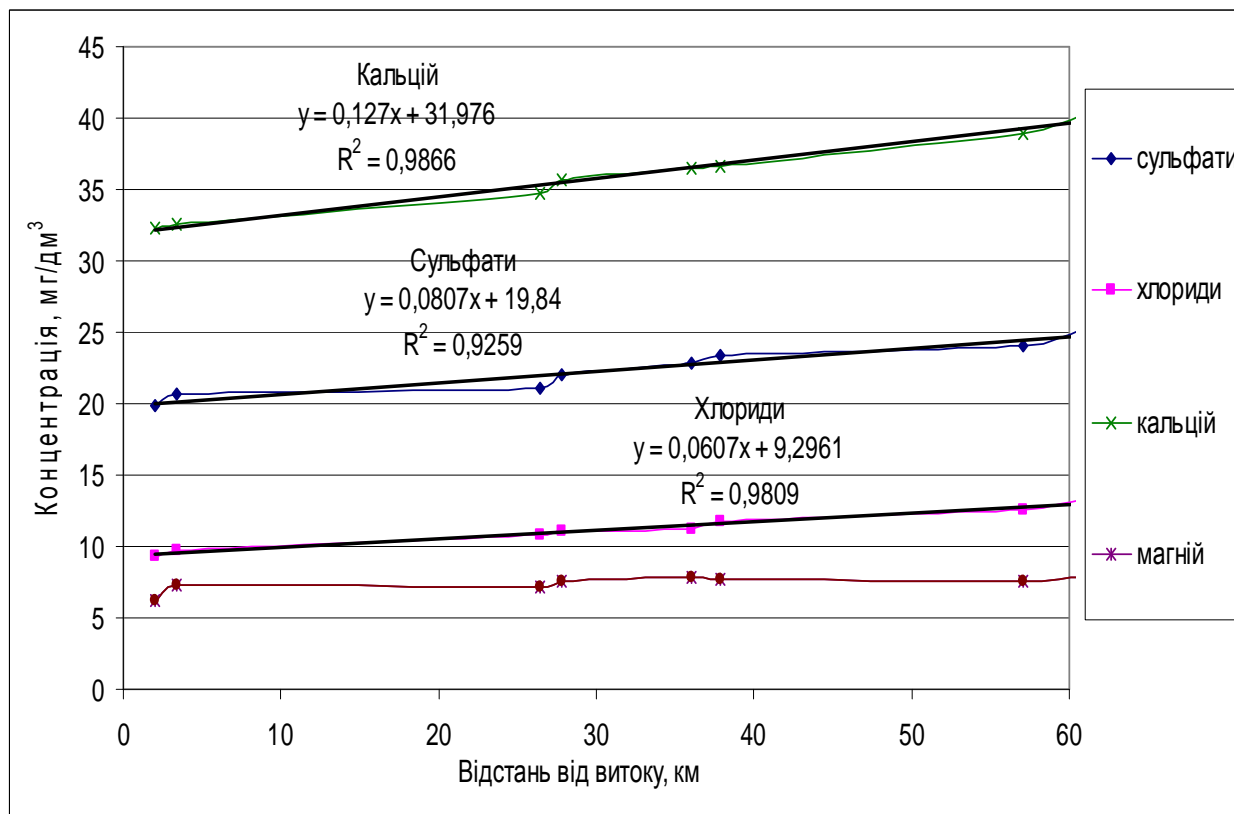
Для більшості випадків найкращі результати отримані за допомогою лінійної апроксимації (рис.1 – 3, 5 – 8). Вона застосовується для змінних, які збільшуються або зменшуються з постійною швидкістю. Тобто згідно з отриманими результатами було знайдено лінійні закономірності підвищення (крім розчиненого кисню – зниження) концентрацій природних компонентів хімічного складу поверхневих вод у межах екосистеми р. Прут на природоохоронній території КНПП залежно від зміни висоти місцевості з вищих до нижчих абсолютних позначок. Надійність лінії тренду до фактичних даних оцінюється за показником відповідності (достовірність апроксимації) величині  $R^2$ .  $R$  може змінюватися від 0 до 1. Чим більша величина цього показника, тим достовірніша лінія тренду. Значення  $R^2$  автоматично розраховується за програмою Excel при підборі лінії тренду до даних. Ці значення відображені на модельних діаграмах.

Таким чином, одержані лінії тренду та рівняння, за якими можна визначати норму компонентів природних вод р. Прут у межах КНПП за висотою місцевості.

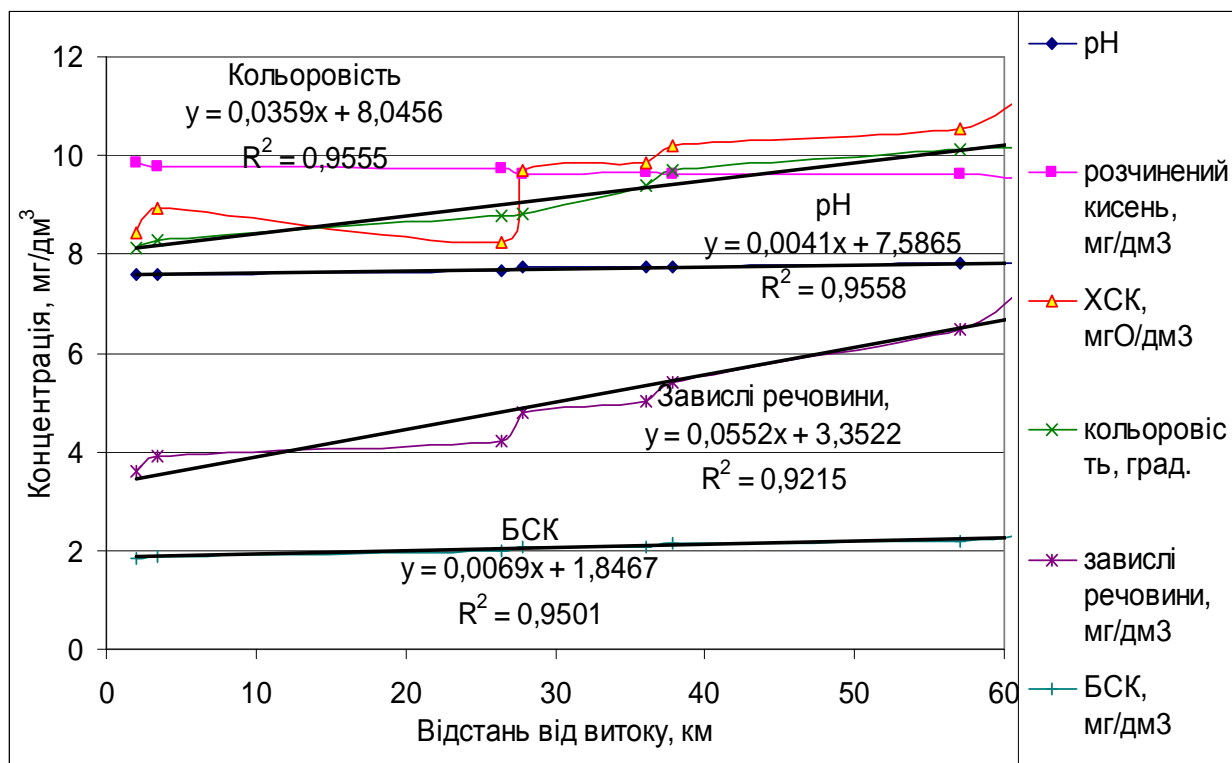
Аналогічні дані одержані при аналізі зв'язку зміни середніх геометричних компонентів хімічного складу природних вод з довжиною ріки (рис. 5 – 8). Ці результати були очікуваними, адже коефіцієнт парної кореляції між абсолютною висотою місцевості і довжиною р. Прут у межах КНПП дорівнював 0,99. У зв'язку з тим, що моделі виявилися подібними, для прикладу на рисунках моделей залежності за висотою і довжиною подані різні компоненти хімічного складу природних вод. Усього визначали 21 компонент. Достовірні зв'язки, за якими можна визначати норму компонента хімічного складу природних вод для КНПП, нам вдалося отримати для 17 складових.



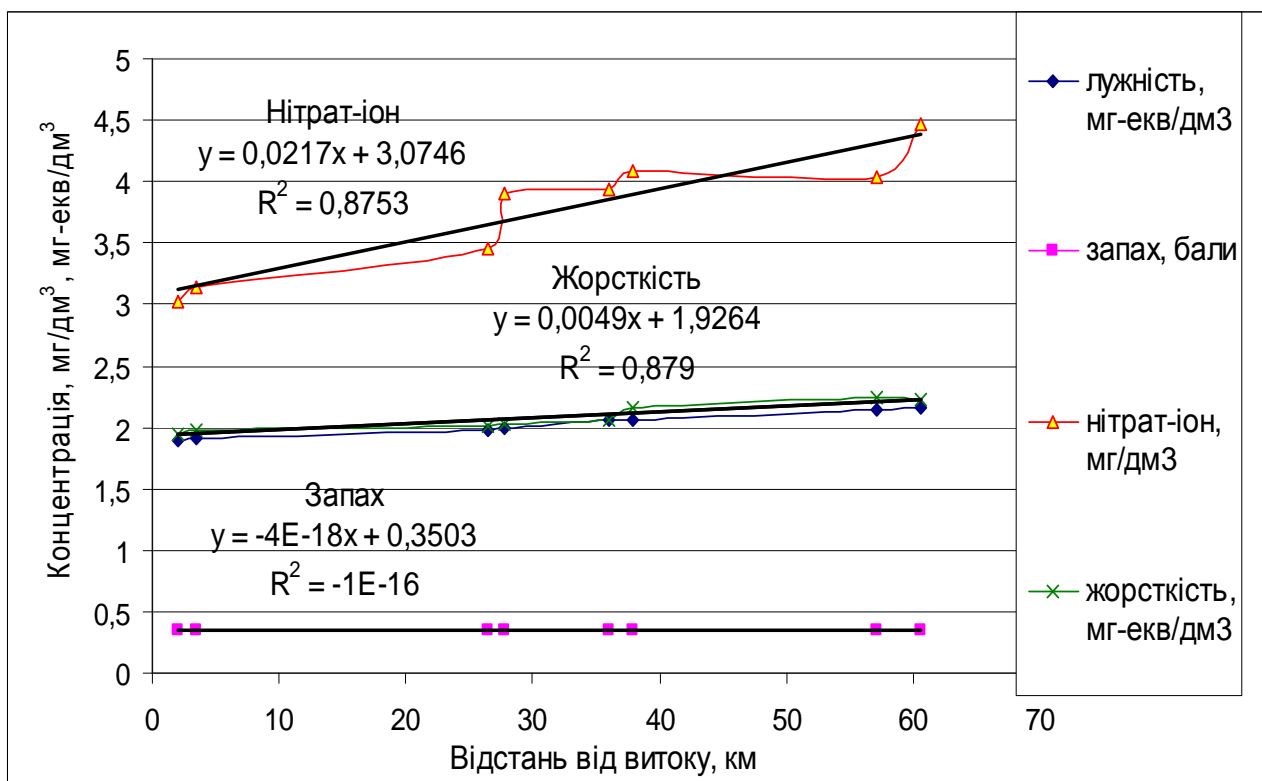
**Рис. 5** Модель екологічної норми компонентів природних вод (іон амонію, нітрит-іон, залізо) за довжиною ріки



**Рис. 6** Модель екологічної норми компонентів природних вод (сульфати, хлориди, кальцій) за довжиною ріки



**Рис. 7** Модель екологічної норми компонентів природних вод (кольоровість, рН, БСК<sub>5</sub>, завислі речовини) за довжиною ріки



**Рис. 8** Модель екологічної норми якісних компонентів (нітрат-іон, жорсткість, запах) природних вод за довжиною ріки



**Висновки.** Отримано лінії тренду та рівняння, за якими можна визначати норму компонентів природних вод р. Прут у межах КНПП за довжиною ріки.

У другому і третьому створах (Ворохта і Татарів) у більшості випадків спостерігали стрибкоподібне погіршення показників якості на фоні його загального зменшення залежно від висоти місцевості і довжини ріки.

Для заповідної території – Карпатського національного природного парку гранично допустимим навантаженням на гідроекосистему може бути таке, при якому вміст хімічних складових якості води не зменшується нижче розрахованих за модельними рівняннями (див.рис.1 - 8).

Такий підхід дає можливість нормувати рівень антропогенного навантаження на водні об'єкти не тільки в межах основної течії р. Прут, а й всіх його приток верхньої частини басейну. Для збереження природних екологічних гідросистем Карпатського національного природного парку рекомендуємо одержані багаторічні залежності використовувати як територіальні нормативи якості гідроекологічного середовища.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища України» із змінами і доповненнями від 21 червня 2001 року №2556-III;
2. Архипова Л.М. Функціональна структура природно-техногенних гідроекосистем/ Людмила Архипова// Науковий вісник національного лісотехнічного університету України: Збірник науково-технічних праць. Львів: НЛТУУ – 2008. - Вип.18.8 – 308 с.
3. Архипова Л.М. Екологічні аспекти оцінки якості природних вод. II –й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2009) / Людмила Архипова// Збірник наукових статей. – Вінниця, 23-26 вересня 2009 року. - Вінниця: ФОП Данилюк, 2009 – С. 103–107.
4. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. /Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д./ – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КАЧЕСТВА  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАРПАТСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДНОГО ПАРКА

Л. Н. Архипова, кандидат технических наук, Ивано-Франковский  
национальный технический университет нефти и газа

М. В. Корчемлюк, соискатель

Карпатский национальный природный парк

Проведена статистическая обработка результатов мониторинговых наблюдений за качеством поверхностных вод гидроэкосистемы р. Прут в пределах Карпатского национального природного парка. Выявлены закономерности изменения составляющих качества в пространстве. Построены модели экологической нормы компонентов природных вод относительно длины реки, и высоты местности.

**Ключевые слова:** гидроэкосистема, качество поверхностных вод, экологическая норма, пространственные закономерности.

PATTERNS OF SPATIAL CHANGES OF SURFACE WATER QUALITY OF THE  
CARPATHIAN NATIONAL NATURAL PARK

L.N. Arkhipova, Ph.D., Associate Professor

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

M.V. Korchemlyuk

Carpathian National Nature Park

The article presents a statistical analysis of the results of surface water quality monitoring of Prut river hydroecosystems in boundaries of the Carpathian National Nature Park. The investigation reveals spatial regularities of quality components. The model of environmental norms of natural waters components was composed depending on the river flow length and terrain altitude.

**Keywords:** hydroecosystems, surface water quality, environmental standards, spatial patterns.