

УДК 338. 432

¹Г. В. ГУМЕНЮК, ²Н. М. ГАРМАТІЙ¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027²Тернопільський технічний університет імені Івана Пулюя
вул. Руська 56, Тернопіль, 46001

КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ В ТЕРНОПІЛЬСЬКОМУ РЕГІОНІ

В статті висвітлено важливість дослідження впливу екзогенних та ендогенних чинників, які впливають на рівень забруднення водних ресурсів регіону, зокрема, прозорості води та діяльність підприємств водокористування Тернопільського регіону, стан фінансування, масштаби проведення водоочисних засобів та інші чинники. Застосування сучасного інструментарію економіко-математичного моделювання на основі кореляційно-регресійного аналізу дозволяє дослідити міру залежності чинників на рівень забруднення водних ресурсів регіону, можливість моніторингу та управління ситуацією. Реалізація моделювання в сучасних програмних продуктах дозволяє пришвидшити та віалізувати здійснені розрахунки.

Ключові слова: забруднення водних ресурсів, водний баланс, підприємства водокористування, регресійний аналіз, кореляція, помилка апроксимації

Роль водного фактору у підтриманні балансу природно-екологічних процесів є однією з центральних. Прозорість води є одним з основних критеріїв, що дозволяють судити про стан водоймища. Вона залежить від кількості зважених частинок, змісту розчинених речовин і концентрації фіто- і зоопланктону. Впливає на прозорість і колір води. Чим ближчий колір води до голубого, тим вона прозоріша, а чим жовтіше, тим прозорість її менше [4].

Важливим чинником, що визначає прозорість води в непроточних водоймищах є біологічні процеси. Прозорість води тісно пов'язана з біомасою і продукцією планктону. Чим краще розвинений планктон, тим менше прозорість води. Таким чином, прозорість води може характеризувати рівень розвитку життя у водоймищі. Прозорість має велике значення як показник розподілу світла (променистої енергії) в товщі води, від якого залежить в першу чергу фотосинтез і кисневий режим водного середовища [4].

Будь-які зміни водного режиму і водозабезпеченості зумовлюють значний прямий і непрямий вплив як на функціонування природних екосистем, так і економіку країни. Особливої уваги заслуговує проблема формування та функціонування економічного механізму водокористування, а також прогнозування соціально - економічного розвитку країни на його основі [1].

Існує декілька концепцій економічної оцінки водних ресурсів, найвідомішими серед яких є: витратна, результативна, змішана та рентна [1].

Найбільш обґрунтованою є рентна концепція, згідно з якою внесок водних ресурсів в суспільне багатство характеризується рентними доходами, отриманими в результаті використання даних ресурсів. Рентний підхід розглядає як економічну оцінку максимально можливий економічний ефект від експлуатації джерела при даному рівні витрат і існуючих обмеженнях, зумовлених рівнем розвитку технологій тощо, тобто диференційну ренту. В цьому випадку ціна водних ресурсів буде включати не тільки ренту за якістю і розташуванням, а й ренту, що відображає ефективність додаткових капіталовкладень в їх експлуатацію. Досягти повної компенсації загальноекономічних витрат, необхідних для відшкодування ресурсів, що вибули, можливо лише розвиваючи рентну концепцію економічної оцінки водних ресурсів. Нині в Україні рентний підхід є основою для визначення нормативів збору за спеціальне водокористування та штрафів за забруднення водних джерел. З кожним роком проблема вартісної оцінки водних ресурсів стає все більш актуальною, адже від неї залежать фінансово-економічні результати діяльності підприємств (рис. 1).



Рис. 1. Чистий прибуток підприємств водокористування [3].

Подальше вдосконалення теорії ренти пов'язане з необхідністю врахування в усіх розрахунках, що стосуються економічної оцінки водних ресурсів, абсолютної ренти, оскільки перехід до ринку спричинив розвиток різноманітних форм власності, і, насамперед, приватної, яка в свою чергу є джерелом виникнення абсолютної ренти.

Матеріал і методи досліджень

Для отримання лінійної двофакторної економетричної моделі ми використали статистичні дані у Державному підприємстві “Тернопільське міжрайонне управління водного господарства”(ДП “Тернопільське МУВГ”) , зокрема такий важливий фізичний показник, як прозорість води (табл. 1). Кількісно оцінити прозорість можна по шрифту Снеллена №1 (прочитати спеціальний шрифт через товщу води). Воду вважають достатньо прозорою, якщо через шар води товщиною 30 см можна чітко прочитати слова шрифту. Прозорість води залежить і від кількості завислих речовин. Каламутність питної води не повинна перевищувати 1,5 мг/ дм³ [2].

Результати досліджень та їх обговорення

Вміст завислих речовин в воді (а отже, її каламутність і прозорість) змінюється протягом року, зростаючи в період дощів і доходячи до максимуму в період паводків. Найменша каламутність (найбільша прозорість) річкової води спостерігається зазвичай у зимовий час, коли річка вкрита льодом. В озерах та штучних водоймищах каламутність, як правило, незначна і обумовлюється надходженням каламутної води з річок, живлять дані водойми, а також поверхневих стоків з їх берегів [4].

Таблиця 1

Статистичні дані Державного підприємства “Тернопільське міжрайонне управління водного господарства”(ДП “Тернопільське МУВГ)

Роки	Прозорість води, см. ($M \pm m$), n=12	Надходження коштів, тис. грн.	Проведені роботи, га.
2012	26,32±0,3	2158,25	15,1
2013	25,08±0,4	2017,29	13,5
2014	27,36±0,6	1758,1	11,6
2015	28,12±0,5	1442,14	9,1
2016	30,31±0,4	1258,26	8,4

Каламутність води залежить від наявності у воді зважених частинок мінерального або органічного походження. Підвищена каламутність обмежує водоспоживання, свідчить про забруднення природних вод стічними водами. Якість, протилежна прозорості, називається каламутністю. Каламутність є показником ефективності процесу освітлення води на очисних

спорудах. Каламутні води гірше знезаражуються і в них створюються кращі умови для виживання мікроорганізмів. Згідно з ДСанПіН рівень каламутності не повинен перевищувати 0,5, а максимально припустимий рівень - 1,5 НОК (нефелометричних одиниць каламутності). Вміст завислих часток у воді при цьому буде не більше 1,5 мг/дм³ [2].

При дослідженні впливу екзогенних та ендогенних чинників функціонування підприємств водокористування на рівень забруднення водних ресурсів Тернопільського регіону, застосували сучасний інструментарій економіко-математичного моделювання з реалізацією в сучасному програмному середовищі Statistica 10. Загальний вигляд моделі лінійної регресії за якою проводили дослідження наведений у формулі 1.1.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + \varepsilon \quad (1.1)$$

де $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m$ – невідомі параметри;

ε – випадкова величина;

y – залежна змінна;

x_1, x_2, \dots, x_m – незалежні змінні.

Після проведення досліджень модель набуває наступного вигляду як у формулі 1.2.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \varepsilon \quad (1.2)$$

де y – рівень забруднення води (загальний показник прозорості води);

x_1 – надходження коштів;

x_2 – проведені роботи для покращення стану водойм.

Для знаходження оцінок параметрів моделі a_i застосовано метод найменших квадратів.

Суть даного методу полягає в тому, що оцінки параметрів знаходяться таким чином, щоб сума квадратів відхилень спостережувальних на практиці значень показника y від теоретичних \hat{y} була мінімальною [3].

Для обробки статистичної бази застосовано пакети прикладних програм STATISTICA 10.0 та Microsoft Excel 2007, які дозволяють опрацьовувати великі масиви інформації в зручному інтерфейсі для користувача. Здійснені розрахунки регресійного впливу обсягу фінансування підприємств водокористування, та масштаби проведення робіт для покращення стану водойм на визначальний показник- рівень забруднення водойм у Тернопільському регіоні представлено на рисунку 2.

	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(2)	p-value
Intercept			38.71893	1.609779	24.05233	0.001724
Надходження коштів (x ₁)	-4.18377	1.147832	-0.02180	0.005980	-3.64493	0.067714
Проведені роботи (x ₂)	3.29598	1.147832	2.28428	0.795506	2.87148	0.102899

Рис. 2. Підсумкова таблиця регресії

На рисунку 3 представлено моделювання на основі регресійного аналізу в програмному середовищі STATISTICA 10.0, що дозволяє значно підвищити точність та швидкість проведених математичних розрахунків.

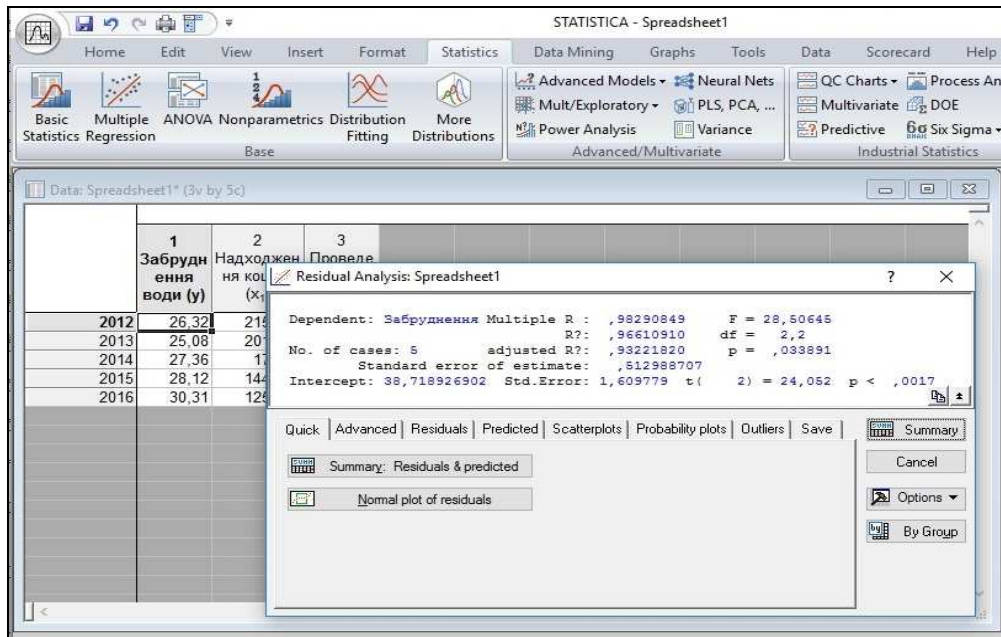


Рис. 3. Вікно регресійного аналізу

Застосовуючи рівняння 1.3 та статистичні дані таблиці 1, отримано лінійну двохфакторну економетричну модель виду 1.3.

$$y = 38,71 + 0,022x_1 + 2,284x_2 \quad (1.3)$$

Для перевірки моделі на адекватність визначено значення оціненого коефіцієнта детермінації \bar{R}^2 за формулою 1.4 [1].

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n - k)}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / (n - 1)} \quad (1.4)$$

- де n – кількість спостережень;
- y_i – значення у, які спостерігаються на практиці;
- \hat{y}_i – теоретичні значення у, знайдені за рівнянням регресії;
- \bar{y} – середнє значення у;
- k – кількість параметрів регресійної моделі.

Значення оціненого коефіцієнта детермінації побудованої економетричної моделі (1.3) становить $R^2=0,96$, що є високим показником (модель пояснює 96 % дисперсії змінної у) і свідчить про адекватність моделі досліджуванім процесам.

Ще одним критерієм якості моделі є критерій Фішера. Для побудованої економетричної моделі (1.3) значення F-статистика Фішера становить $F(2,2)= 28,506$. Вказаний показник F-статистика є вищий за його табличне значення. Отже, побудована економетрична модель є адекватною за критерієм Фішера та може застосовуватись для подальших досліджень (рис. 4).

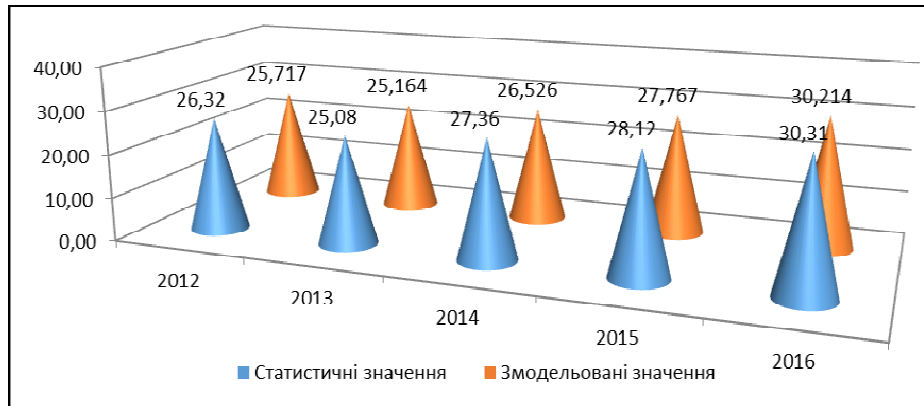


Рис. 4. Статистичні та змодельовані значення прозорості води

За допомогою отриманої економетричної моделі (1.3) проведемо дослідження коефіцієнтів еластичності.

Коефіцієнт еластичності визначимо за наведеною формулою (3.5)

$$E_i = \frac{x_i}{y} \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (3.5)$$

За допомогою коефіцієнта еластичності визначимо на скільки відсотків зміниться величина y , якщо кожен з факторів x_i зміниться на 1 %. Для визначення коефіцієнта еластичності замість x_i та y у формулі (3.5) береться \bar{x}_i та \bar{y} .

Розрахуємо коефіцієнти еластичності для кожного з розглянутих вище факторів:

$$E_1 = 1,09 - \text{для фактора } x_1,$$

$$E_2 = 2,44 - \text{для фактора } x_2.$$

Значення коефіцієнтів еластичності для кожного з двох факторів є додатними, на основі чого можна зробити висновок про прямий вплив досліджуваних чинників, що відповідає економічному змісту досліджуваних явищ.

Аналіз коефіцієнта еластичності показує, що при збільшенні надходження коштів на 10% прозорість води збільшиться на 10,9%; при збільшенні обсягу робіт на 10% можна очікувати збільшення прозорості води на 24,4%.

Висновки

Пошук ефективних зв'язків між економікою і природними водноресурсними системами, між водопотребами соціально-економічного розвитку і поліпшенням екологічних умов існування людини має важливе значення для стабілізації й оздоровлення екологічної ситуації в країні, оскільки суспільство сягнуло такого ступеня залучення водних ресурсів в господарський обіг, що вони перетворились в головний лімітуючий чинник соціально-економічного розвитку країни. Використання водних ресурсів - невід'ємна складова природокористування, яка є найбільш економічно та соціально зорієнтованою формою зв'язку людини з довкіллям, бо на відміну від інших галузевих виробничих комплексів, які сформувались на базі територіального зосередження сировинних і трудових ресурсів, водно-господарський комплекс охоплює всю територію країни.

Водноресурсна складова сталого розвитку розглядається як одна з найважливіших природно-господарських ланок в структурі водно-господарського комплексу країни, розвиток якого повинен задовольняти соціально-економічні та екологічні вимоги.

Особливої актуальності в сучасних умовах набуває використання економіко-математичного інструментарію економіко-математичного моделювання при управлінні екологічною ситуацією в Тернопільському регіоні, підвищенню якості водних ресурсів та ефективним управлінням діяльністю підприємств водокористування.

1. *Гарматій Н. М.* Економіко-математичні методи в управлінні процесами реалізації інвестиційних проектів в умовах невизначеності у галузі зв'язку. Монографія / Гарматій Н.М. — Тернопіль: ТзОВ «Видавництво Астон», 2013. — 200 с.
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10 (ДСанПіН 2.2.4-400-10). Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
3. *Статистична інформація* / Державний комітет статистики України: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
4. *Web-сторінка: «Нова екологія»*: [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.novaecologia.org/voecos-1403-3.html> Перевірено : 10.04.2017.

Г. Б. Гуменюк, Н. М. Гарматій

Тернопольский национальный университет имени Владимира Гнатюка
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В ТЕРНОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

В статье освещены важность исследования влияния экзогенных и эндогенных факторов на уровень загрязнения водных ресурсов региона и деятельность предприятий водопользования Тернопольского региона, финансировании, масштабы проведения водоочистных мер и другие факторы. Применение современного инструментария экономико-математического моделирования на основе корреляционно-регрессионного анализа позволяет исследовать степень зависимости факторов на уровень загрязнения водных ресурсов региона, возможность мониторинга и управления ситуацией. Реализация моделирования в современных программных продуктах позволяет ускорить и визуализировать наши расчёты.

Ключевые слова: загрязнение водных ресурсов, водный баланс, предприятия водопользования, регрессионный анализ, корреляция, ошибка аппроксимации

Н. Humenyuk, N. Garmatiy

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine
Ternopil Ivan Pului National Technical University, Ukraine

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF WATER POLLUTION OF TERNOPOL REGION

In the article the importance of the study of the effect of exogenous and endogenous factors that result in the level of water pollution in the region, the state of drinking water and water businesses operating in Ternopol region, state funding, the extent of water treatment facilities and other factors. The use of modern tools of economic and mathematical modeling based on correlation and regression analysis allows to investigate the extent depending on factors on the level of water pollution in the region, and the ability to monitor and control the situation. Implementation of modern simulation software allows clearly show and accelerate the settlement.

Key words: water pollution, water balas, water company, regression analysis, correlation, error of approximation

Рекомендує до друку

Н. М. Дробик

Надійшла 14.02.2017