



СЕКЦІЯ 2 ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 504.453

Бургаз О.А.,
кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екологічного права і контролю
Одеський державний екологічний університет

Верлан В.А.,
кандидат географічних наук, доцент,
науковий співробітник відділу геоінформаційного аналізу
Український науковий центр екології моря

Тітяпкин А.С.,
науковий співробітник відділу аналізу антропогенного навантаження
Український науковий центр екології моря

ОЦІНКА НАДХОДЖЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ЧОРНЕ МОРЕ ЗІ СТОКОМ ГОЛОВНИХ РІЧОК

Виконано оцінку достовірності статистичних оцінок гідрохімічних показників води річок Дунай та Дністер. Як вихідні використовувались дані, отримані у 2012 році у пунктах спостережень за якістю вод на річках, які впадають у Чорне море. Визначений об'єм стоку забруднюючих речовин у Чорне море з річковими водами.

Ключові слова: Чорне море, річковий стік, забруднюючі речовини.

Выполнена оценка достоверности статистических оценок гидрохимических показателей воды рек Дунай и Днестр. В качестве исходных использовались данные, полученные в 2012 году в пунктах наблюдений за качеством вод на реках, впадающих в Черное море. Определен объем стока загрязняющих веществ в Черное море с речными водами.

Ключевые слова: Черное море, речной сток, загрязняющие вещества.

Burgaz A.A., Verlan V.A., Tytiapkin A.S. ASSESSMENT POLLUTANTS INTO THE BLACK SEA RUNOFF MAJOR RIVERS

The estimation of reliability of water hydrochemical indices statistical estimations of rivers Danube and Dniester is executed. The data obtained in 2012 at the points of observations on the quality of water on the rivers flowing into the Black Sea were used as source. The volume of pollutant runoff in the Black Sea with river waters is determined.

Key words: Black Sea, river runoff, pollutants.

Постановка проблеми. Чорне море належить до внутрішніх морів і є одним з найбільш ізольованих від Світового океану. Площа водозбору Чорного моря у шість разів перевищує площу його поверхні. Це обумовлює надзвичайну його чутливість і вразливість до антропогенного тиску. Стан екосистеми Чорного моря прямо чи опосередковано залежить від антропогенного навантаження на неї як прибережних країн, так і від тих, що не мають безпосереднього виходу до акваторії моря.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення стоку забруднюючих речовин з водами річок у північно-західну частину Чорного моря.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до [1], найбільший вплив на стан якості прибережних морських вод має річковий стік (50%), на другому місці – надходження забруднюючих речовин з атмосфери (10%), вплив прибережних міст займає третє місце по значущості (7,5%), на четвертому та

п'ятому місці – вплив рекреації та вплив малих річок узбережжя (5%), на шостому місці – вплив поверхневого стоку з міських територій (4,5%) [1].

Вплив річкового стоку визначається, головним чином, особливостями природних і антропогенних чинників формування поверхневого стоку і господарської діяльності у басейнах річок. Забруднення північно-західної частини Чорного моря (далі – ПЗЧ ЧМ), головним чином, формується під впливом стоку забруднювачів з водами Дунаю, Дністра, Південного Бугу і Дніпра. Основними факторами забруднення північно-західної частини Чорного моря з річковим стоком є значні концентрації біогенних елементів і небезпечних речовин, включаючи нафтопродукти, мікробіологічне забруднення, забруднення речовинами, що призводять до зростання БСК5 і виснаження кисню. Рівень забруднення річкового стоку залежить від його здатності до самоочищення, яке, у свою чергу, залежить від багатьох чинників [2].

Дуже значний внесок у забруднення ПЗЧ ЧМ, зокрема біогенними речовинами та нафтопродуктами, належить р. Дунай. Об'єм стоку р. Дунай складає приблизно 80% сумарного стоку інших річок, що надходять до північно-західної частини Чорного моря. Друге місце після р. Дунай за кількістю забруднюючих речовин, які надходять до Чорного моря, належить р. Дніпро [3-6].

Опис об'єкта і методів дослідження. У рамках даного дослідження було проведено перевірку достовірності статистичних характеристик рядів гідрохімічних показників води річок Дунай та Дністер. Для розрахунку об'єму стоку забруднюючих речовин у Чорне море з річковими водами, використовувалися дані отримані у 2012 році у пунктах спостережень за якістю вод на річках, що впадають у Чорне море [7].

У дослідженні використовувалась інформація, отримана на постах № 13043 м. Вилкове (для Дунаю) та 13155 м. Могильов-Подільський, Вінницька область (для Дністра). Відстань постів від гирла складає 26 км і 636,5 км відповідно [7].

Застосовуючи метод оцінки достовірності статистичних характеристик часових рядів, дослідник повинен вміти правильно вибрати спосіб даного методу. Серед методів оцінки достовірності розрізняють параметричні і непараметричні.

Як параметричні, так і непараметричні методи, полягають у застосуванні певних формул і розрахунку певних показників у відповідності із запропонованими алгоритмами. У кінцевому результаті вираховується певна числова величина, яку порівнюють з табличними пороговими значеннями. Критерієм достовірності буде результат порівняння отриманої величини і табличного значення при даному числі спостережень (або ступенів свободи) і при заданому рівні безпомилкового прогнозу.

Таким чином, у статистичній процедурі оцінки основне значення має отриманий критерій достовірності [8].

Зафіксовані відомості про об'єкт, що досліджується, дає первинний фактичний матеріал, який потребує відповідної обробки з метою дослідження **генеральної сукупності**. На практиці дослідник має справу тільки з вибірковою сукупністю (**вибіркою**), тобто частиною генеральної сукупності, тому виникає потреба за результатами порівняно невеликої вибірки зробити припущення про поведінку всієї генеральної сукупності. В інших випадках необхідно будь-якій сукупності величин поставити у відповідність іншу сукупність і з'ясувати, чи є між ними який-небудь взаємозв'язок чи ні [8].

Для того, щоб зробити статистичний висновок про даний об'єкт, слід виконати ряд взаємозалежних операцій:

1. Грамотно забезпечити відбір одиниць вибіркової сукупності.
2. Систематизувати та згрупувати результати спостережень.
3. Графічно задати емпіричні сукупності.
4. Отримати статистичні показники для емпіричних сукупностей.
5. Отримати статистичні параметри для генеральної сукупності.

Одиниці вибіркової сукупності (**варіанти**) повинні бути відібрані так, щоб по них з достатньою точністю можна було судити про властивості генеральної сукупності. Найчастіше у дослідженнях проводиться відбір так званих «типових» представників генеральної сукупності. Такий підхід суб'єктивний і **не може служити** основою отримання якісної інформації. Задана точність у характеристиці генеральної сукупності забезпечується випадковим відбором необхідної кількості варіантів [9].



Статистична обробка первинних даних починається з розташування варіантів у певній послідовності, яка залежить від характеру варіювання досліджуваної ознаки:

1. Кількісне – безперервне та дискретне.
2. Якісне – атрибутивне.

При безперервному варіюванні окремі значення ознаки можуть мати будь-яке значення міри (протяжності, обсягу, ваги і т. д.) у певних межах.

При дискретному варіюванні окремі значення ознаки виражаються абстрактними числами (найчастіше цілими).

При атрибутивному варіюванні значення ознаки класифікують по градаціях цієї ознаки [9].

На початковому етапі перевірки достовірності отриманої інформації розраховуються її статистичні характеристики. До таких характеристик відносяться середнє арифметичне ряду (\bar{x}), середньоквадратичне відхилення (СКВ, σ), коефіцієнт варіації (C_v), коефіцієнт диференціації (V_σ).

Коефіцієнт варіації – показник мінливості ознаки. Він визначається як

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Для встановлення рівня мінливості ознаки використовується шкала Мамаєва [9].

Коефіцієнт диференціації характеризує мінливість ознаки. Він визначається як:

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{(\bar{x} - x_{\min})} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Ступінь диференціації ознаки визначається відповідно до [9].

Після визначення статистичних параметрів вихідного ряду даних здійснюється розрахунок помилок репрезентативності.

Помилка середньої величини обчислюється за формулою:

$$m_x = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

Помилка стандартного відхилення обчислюється за формулою:

$$m_\sigma = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}. \quad (4)$$

Достовірність статистичних показників (надійність) є відношення величини статистичного показника до його помилки репрезентативності. Висновок про достовірність того

чи іншого показника робиться на основі порівняння отриманого відношення з t – критерієм: якщо відношення більше t – критерію, то статистичний показник достовірний [8].

В якості t – критерію при значних обсягах вибірок ($n > 30$) використовується критерій Стьюдента, що визначається за таблицями, виходячи з числа ступенів свободи ($n-1$) і рівня значущості (ступеня ймовірності безпомилкового прогнозу). У випадку малих обсягів вибірок ($n < 30$), значення t – критерію визначається за таблицями Н.А. Плохінського [8].

Виклад основного матеріалу дослідження. Перевірка достовірності статистичних характеристик часових рядів гідрохімічних показників проводилася для 16 показників, контроль яких здійснювався на обох постах одночасно. Такими показниками є: витрата води у річці ($\text{м}^3/\text{с}$); магній ($\text{мг}/\text{л}$); хлориди ($\text{мг}/\text{л}$); сульфати ($\text{мг}/\text{л}$); гідрокарбонати ($\text{мг}/\text{л}$); натрій ($\text{мг}/\text{л}$); кальцій ($\text{мг}/\text{л}$); феноли ($\text{мг}/\text{л}$); СПАР ($\text{мг}/\text{л}$); азот амонійний ($\text{мгN}/\text{л}$); азот нітритний ($\text{мгN}/\text{л}$); азот нітратний ($\text{мгN}/\text{л}$); кремній ($\text{мг}/\text{л}$); фосфати ($\text{мгP}/\text{л}$); фосфор ($\text{мгP}/\text{л}$); хром вал. +6 ($\text{мкг}/\text{л}$). Результати перевірки представлені у табл. 1.

Відповідно до отриманих результатів розрахунків, рівень мінливості гідрохімічних показників вод річки Дунай наступний: гідрокарбонати – дуже низький; хлориди, сульфати, кальцій – низький; магній, фосфор – середній; витрата води, натрій, фосфати – підвищений; азот нітритний, азот нітратний, кремній, хром вал. +6 – високий; феноли, СПАР, азот амонійний – дуже високий.

Для вод Дністра рівень мінливості гідрохімічних показників наступний: хлориди – дуже низький; гідрокарбонати, кальцій – низький; магній, феноли, СПАР – середній; кремній, фосфор – підвищений; витрата води, сульфати, азот нітратний, фосфати – високий; натрій, азот нітритний, азот амонійний, хром вал. +6 – дуже високий.

Ступінь диференціації гідрохімічних показників вод річки Дунай становить: витрата води, магній, хлориди, натрій, кальцій, кремній, фосфати, хром вал. +6 – велика; усі інші – дуже велика.

Ступінь диференціації гідрохімічних показників вод річки Дністер така: сульфати, СПАР – значна; магній, хлориди, азот нітратний – велика; усі інші – дуже велика.

Висновок про достовірність того чи іншого показника робиться на основі порівняння відношення величини статистичного показника до його помилки репрезентативності з t – критерієм. Значення t – критерію дорівнює 2,2 для вибірок з 12 членів та 2,3 для вибірок з 8 членів.

Порівнявши отримані значення достовірності статистичних характеристик часових рядів гідрохімічних показників на постах спостережень із величиною t –критерію, можна зробити висновок, що розраховані середні значення та середні квадратичні від-

Таблиця 1

Результати розрахунків статистичних характеристик рядів даних гідрохімічних показників на постах спостережень

Гідрохімічні показники	об'єм вибірки	\bar{x} , МГ/Л	σ , МГ/Л	C_v , %	V_σ , %	m_x	m_σ	достов. середнього	достов. СКВ
Дунай									
Витрата води	12	2597,5	812,36	31,27	68,99	234,51	165,82	11,08	4,9
Хлориди	12	36,18	4,32	11,93	69,82	1,25	0,88	29,03	4,9
Сульфати	12	56,71	4,78	8,44	101,62	1,38	0,98	41,06	4,9
Гідрокарбонати	12	199,92	4,64	2,32	78,44	1,34	0,95	149,22	4,9
Натрій	12	39,58	11,09	28,02	64,93	3,20	2,26	12,36	4,9
Кальцій	12	50,91	6,67	13,11	62,33	1,93	1,36	26,42	4,9
Азот амонійний	12	0,16	0,10	66,11	70,67	0,0296	0,0209	5,24	4,9
Азот нітритний	12	0,03	0,01	39,55	87,02	0,0036	0,0025	8,76	4,9
Азот нітратний	12	1,31	0,55	42,26	72,87	0,16	0,11	8,20	4,9
Кремній	12	2,18	0,80	36,58	68,09	0,23	0,16	9,47	4,9
Фосфати	12	0,036	0,010	28,18	56,49	0,0029	0,0021	12,29	4,9
Фосфор	12	0,10	0,02	24,71	70,39	0,0071	0,0051	14,02	4,9
Феноли	12	0,00	0,00	77,85	77,85	0,0003	0,0002	4,45	4,9
СПАР	12	0,01	0,01	134,84	134,84	0,0019	0,0014	2,57	4,9
Магній	12	16,66	3,24	19,46	51,81	0,94	0,66	17,80	4,9
Хром вал. +6	12	9,75	4,59	47,13	59,29	1,33	0,94	7,35	4,9
Дністер									
Витрата води	12	167	59,52	35,64	145,17	17,18	12,15	9,72	4,9
Хлориди	8	23,95	1,40	5,86	57,31	0,50	0,35	48,25	4,0
Сульфати	8	24,51	9,94	40,56	40,56	3,51	2,49	6,97	4,0
Гідрокарбонати	8	233,13	21,13	9,06	110,48	7,47	5,28	31,21	4,0
Натрій	8	29,49	14,85	50,35	80,74	5,25	3,71	5,62	4,0
Кальцій	8	57,65	8,32	14,43	95,09	2,94	2,08	19,60	4,0
Азот амонійний	12	0,71	0,611	85,91	119,54	0,18	0,12	4,03	4,9
Азот нітритний	12	0,014	0,008	59,84	83,77	0,0024	0,0017	5,79	4,9
Азот нітратний	12	0,093	0,046	49,70	63,25	0,0134	0,0095	6,97	4,9
Кремній	8	4,13	1,42	34,52	107,47	0,50	0,36	8,19	4,0
Фосфати	8	0,055	0,021	37,93	95,15	0,0074	0,0052	7,46	4,0
Фосфор	8	0,069	0,0217	31,59	91,76	0,01	0,01	8,95	4,0
Феноли	12	0,003	0,0005	19,93	88,27	0,0001	0,0001	17,38	4,9
СПАР	12	0,03	0,007	19,57	47,19	0,0019	0,0014	17,70	4,9
Магній	8	12,43	2,76	22,21	66,90	0,98	0,69	12,73	4,0
Хром вал. +6	12	12,02	17,21	143,25	162,14	4,97	3,51	2,42	4,9



Таблиця 2

Сумарні величини надходження забруднюючих речовин з водами річок Дунай та Дністер у 2012 році

Гідрохімічні показники	Сумарні величини надходження забруднюючих речовин, т/рік	
	р. Дунай	р. Дністер
Компоненти сольового складу		
Хлориди	2963949,07	126132,96
Сульфати	4645249,52	129095,38
Гідрокарбонати	16376125,77	1227755,61
Натрій	3241776,63	155296,27
Кальцій	4170143,91	303614,42
Σ	31397244,9	1941894,64
Біогенні речовини		
Азот амонійний	12696,79	3743,61
Азот нітритний	2553,01	73,73
Азот нітратний	107240,07	491,54
Кремній	178778,96	21724,36
Фосфати	2942,11	289,00
Фосфор	8205,13	361,41
Σ	312416,07	26683,65
Забруднювачі		
Феноли	122,87	13,61
СПАР	409,57	179,94
Σ	532,44	193,55
Метали		
Магній	1364563,38	65436,41
Хром вал. +6	798,67	63,29
Σ	1365362,05	65499,7
Разом	33075555,46	2034271,54

хили достовірні і можуть бути використані для розрахунку.

Виконавши перевірку достовірності, можна розрахувати сумарні величини надходження забруднюючих речовин у морське середовище з водами річок Дунай і Дністер. Результати таких розрахунків наведені у табл. 2.

Розрахунки кількості надходження речовин виконувались за даними середніх річних концентрацій окремих речовин з урахуванням середнього річного стоку Дунаю та Дністра за загально прийнятою формулою [6]:

$$W_{\text{срд. рік}} = C_{\text{срд}} \cdot Q_{\text{рік}} \quad (5)$$

де $W_{\text{срд. рік}}$ – кількість речовини, яка надходить зі стоком річки за рік;

$C_{\text{срд}}$ – середня річна концентрація забруднюючої речовини;

$Q_{\text{рік}}$ – об'єм середнього річного стоку річки.

Валове надходження речовин у морське середовище на основі даних спостережень на мережі постів спостережень за якістю вод на річках у 2012 році оцінюється у 33075555,46 т/рік з водами р. Дунай та 2034271,54 т/рік з водами р. Дністер.

Висновки з проведеного дослідження.

У результаті перевірки достовірності статистичних характеристик часових рядів гідрохімічних показників вод річок Дунай та Дністер, було виявлено їх статистичну достовірність та можливість подальшого використання для розрахунків. Як вихідні використовувались дані, отримані у 2012 році у пунктах спостережень за якістю вод на річках, що впадають у Чорне море. Валове надходження гідрохімічних компонентів у морське середовище у 2012 році оцінюється у 33 075 555,46 т/рік з водами р. Дунай та 2 034 271,54 т/рік з водами р. Дністер.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Розроблення рекомендацій щодо шляхів зменшення сірководневого забруднення Чорного моря та можливості використання цього сірководню. Заключний звіт про НДР №0108U010761. УкрНДІЕП. Харків, 2009. 72 с.
2. Довгий С.О., Красовський Г.Я., Радчук В.В. та ін. Сучасні інформаційні технології екологічного моніторингу Чорного моря / за ред. С.О. Довгого. К.: Інформаційні технології, 2010. 260 с.
3. Основні показники використання водних ресурсів в Україні за 2005 рік. К.: Державний комітет по водному господарству Управління водних ресурсів, 2006.

4. Основні показники використання водних ресурсів в Україні за 2007 рік. К.: Державний комітет по водному господарству Управління водних ресурсів, 2008.

5. Основні показники використання водних ресурсів в Україні за 2008 рік. К.: Державний комітет по водному господарству Управління водних ресурсів, 2009.

6. Оцінка сучасного стану евтрофікації вод ПЗШ Чорного моря. Звіт про НДР №0113U007200. УкрНЦЕМ. Одеса, 2013. 107 с.

7. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Частина 1. Річки. Випуск 1 / відповідальний за випуск О. Косовец. Київ, 2013.

8. Методы оценки достоверности результатов статистического исследования: учебно-методическое пособие для студентов. Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2011.

9. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.