

ОЦІНКА НАДХОДЖЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ЧОРНЕ МОРЕ ЗІ СТОКОМ РІЧКИ ДУНАЙ

Бургаз О.А.

Одеський державний екологічний університет

Верлан В.А., Тітяпкин А.С.

Український науковий центр екології моря

Виконано оцінку достовірності даних гідрохімічних показників води річки Дунай. В якості вихідних використувувались дані, отримані у 2012 році в пункті спостережень за якістю вод на річках, які впадають в Чорне море. Визначений об'єм стоку забруднюючих речовин в Чорне море з річковими водами. Розраховані швидкості надходження забруднюючих речовин з водами української частини Дунаю.

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

Постановка проблеми. Чорне море належить до внутрішніх морів і є найбільш ізольованим від Світового океану. Площа водозбору Чорного моря в шість разів перевищує площу його поверхні. Це обумовлює надзвичайну його чутливість і вразливість до антропогенної діяльності на території водозбору, а стан його екосистеми прямо чи опосередковано залежить як від антропогенного навантаження на неї прибережних країн, так і від тих, що не мають безпосереднього виходу до його акваторії. Тому дуже актуальним є визначення складових антропогенного навантаження на прибережну зону моря.

Метою роботи є визначення стоку забруднюючих речовин з водами річки Дунай 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 місті вплив забруднення через атмосферу (10%), вплив прибережних міст займає третє місце по значимості (7,5%), на четвертому та п'ятому місті – вплив рекреації та вплив малих річок узбережжя (5%), на шостому місті – вплив поверхневого стоку з міських територій (4,5%) [1].

Вплив річного стоку на територіальне море визначається, головним чином, особливостями природних і антропогенних чинників формування поверхневого стоку і господарської діяльності

в басейнах річок, відбору і сезонного перерозподілу стоку і т. д. Забруднення українського сектору Чорного моря, головним чином, формується під впливом якісних показників стоку Дунаю, Дністра, Південного Бугу і Дніпра. Основними чинниками забруднення українського сектору Чорного моря річковим стоком є його високе навантаження біогенними елементами і небезпечними речовинами, 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, в свою чергу, залежить від багатьох чинників, у тому числі показників водозбору і зарегульованості [2].

Дуже значний внесок органічних та забруднюючих речовин, зокрема біогенів та нафтопродуктів, 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 по кількості забруднюючих речовин, які надходять до Чорного моря, належить р. Дніпро [3-5].

Дані про середньорічне надходження забруднюючих речовин зі стоком головних рік України в Чорне представлені в табл. 1.

Опис об'єкта і методів дослідження. В рамках даного дослідження було проведено перевірку достовірності даних гідрохімічних показників води

Таблиця 1

Середньорічне надходження забруднюючих речовин у Чорне море зі стоком головних річок за період 1995-2006 р. [1]

Показники	Одиниця вимір.	Загальна сума	Дунай	Дніпро	Дністер	П. Буг
			%			
Середня витрата	км ³ /рік	274,65	80,3	15,7	3,2	1,1
БСК ₅	тис. т	745,05	78,8	16,0	4,2	1,0
Азот нітратний	тис. т	330,79	95,4	2,7	0,9	1,0
Азот нітритний	тис. т	7,18	89,1	4,7	5,2	1,0
Ортофосфати	тис. т	10,42	78,7	19,0	1,41	0,89
Загальний фосфор	тис. т	58,49	78,6	19,0	1,41	0,99
Азот амонійний	тис. т	58,01	77,4	15,05	6,52	1,03
Завислі речовини	тис. т	20912,75	98,7	0,30	0,48	0,52
Цинк	тис. т	15,8	89,7	6,8	3,2	0,3
Мідь	тис. т	1,31	86,4	9,1	3,1	1,4
Хром	тис. т	1,06	77,5	15,9	5,4	1,2
Нафтопродукти	тис. т	12,56	91,56	3,3	3,9	1,24

річки Дунай. Для розрахунку приймалися дані отримані в пункті спостережень за якістю вод на річках, що впадають в Чорне море у 2012 році [6].

В дослідженні використовувалась інформація отримана на постах № 13043 м. Вилкове. Відстань постів від гирла складає 26 км [6].

Застосовуючи метод оцінки достовірності результатів дослідження, дослідник повинен вміти правильно вибрати спосіб даного методу. Серед методів оцінки достовірності розрізняють параметричні і непараметричні.

Як параметричні, так і непараметричні методи, які використовувались для порівняння результатів досліджень, тобто для порівняння вибірових сукупностей, 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, тому сам спосіб оцінки достовірності в цілому іноді називають тим чи іншим критерієм за прізвищем автора, який запропонував його в якості основи методу [7].

Зафіксовані відомості про об'єкт, що досліджується представляють 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 відмінність, 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 в 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 [8].

Статистична обробка первинних даних починається з розташування варіантів в певній послі-

довності, 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.) в певних межах.

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

При атрибутивному варіюванні значення ознаки класифікують по градаціях цієї ознаки [8].

На початковому етапі перевірки достовірності отриманої інформації розраховуються її статистичні характеристики. До таких характеристик відносяться середнє арифметичне ряду, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт диференціації.

Середня величина сукупності розраховується за формулою

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

де: x_i – члени вибірки; n – обсяг вибірки.

Середньоквадратичне відхилення (СКВ) – основний показник варіації, що характеризує варіювання значень ознаки навколо центру розподілу, визначається за формулою

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (2)$$

Коефіцієнт варіації – показник мінливості ознаки. Він визначається як

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Для встановлення рівня мінливості ознаки використовується шкала Мамаєва (табл. 2) [8].

Таблиця 2

Шкала Мамаєва для встановлення рівня мінливості ознаки

Величина коефіцієнту варіації, %	Рівень мінливості
до 7	Дуже низький
7-15	Низький
16-25	Середній
26-35	Підвищений
36-50	Високий
більше 50	Дуже високий

Коефіцієнт диференціації характеризує мінливість ознаки. Він визначається як

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{x} - x_{\min}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Ступінь диференціації ознаки визначається за допомогою таблиці 3 [8].

Таблиця 3

Класифікація ступеня диференціації ознаки

Величина коефіцієнта диференціації, %	Ступінь диференціації
до 13	Слабка
13-27	Помірна
28-38	Середня
39-53	Значна
54-70	Велика
більше 70	Дуже велика

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

Помилка середньої величини обчислюється за формулою

$$m_x = + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (5)$$

Помилка стандартного відхилення обчислюється за формулою

$$m_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}. \quad (6)$$

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.

В якості t -критерію при великих 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.

Виклад основного матеріалу. Перевірка достовірності інформації проводилася для 16 показників. Такими показниками є: витрата води в 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 ($\text{мкг}/\text{л}$).

Відповідно до викладеної вище методики, 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.

Ступінь диференціації гідрохімічних показників вод річки Дунай становить: витрата води, магній, хлориди, натрій, кальцій, кремній, фосфати, хром вал. +6 – 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 даних гідрохімічних показників на постах спостережень із величиною t -критерію, можна зробити висновок, що розраховані середні значення та середні квадратичні відхилення достовірні і можуть бути використані для розрахунку.

Виконавши перевірку достовірності отриманих даних, можна розрахувати сумарні величини надходження забруднюючих речовин у морське середовище з водами Української частини річки

Дунай. Результати таких розрахунків наведені у табл. 4.

Таблиця 4
Сумарні величини надходження забруднюючих речовин з водами Української частини річки Дунай у 2012 році

Гідрохімічні показники	Сумарні величини надходження забруднюючих речовин, т/рік
Магній	1364563,38
Хлориди	2963949,07
Сульфати	4645249,52
Гідрокарбонати	16376125,77
Натрій	3241776,63
Кальцій	4170143,91
Феноли	122,87
СПАР	409,57
Азот амонійний	12696,79
Азот нітритний	2553,01
Азот нітратний	107240,07
Кремній	178778,96
Фосфати	2942,11
Фосфор	8205,13
Хром вал. +6	798,67

Валове надходження забруднювальних речовин у морське середовище у 2012 році оцінюється у 33074756,78 т/рік.

На основі вихідних даних були отримані також швидкості надходження забруднюючих речовин з водами Дунаю в пункті спостережень. Результати розрахунку наведені в табл. 5.

Як видно з таблиці, максимальні швидкості надходження забруднюючих речовин спостерігаються у весняні місяці (березень – травень). В подальшому вони поступово знижуються і досягають мінімуму в вересні-жовтні, після чого починають зростати.

Така ситуація цілком природна і пов'язана з гідрологічним режимом Дунаю. Саме у весняні місяці спостерігаються максимальні значення витрати води. Крім того навесні відбувається стік забруднюючих речовин з площі водозбору річки разом з атмосферними опадами. Тобто існує тісна кореляційна залежність між надходженням поллютантів в Чорне море та гідрологічним режимом Дунаю.

Висновки. В результаті перевірки достовірності даних гідрохімічних показників вод річки Дунай, було виявлено їх статистичну достовірність та можливість подальшого використання для розрахунків. В якості вихідних використовувались дані отримані в пунктах спостережень за якістю вод на річках, що впадають в Чорне море у 2012 році. Такими показниками є: витрата води в річці; магній; хлориди; сульфати; гідрокарбонати; натрій; кальцій; феноли; СПАР; азот амонійний; азот нітритний; азот нітратний; кремній; фосфати; фосфор; хром вал. +6.

Валове надходження забруднювальних речовин у морське середовище у 2012 році з водами річки Дунай оцінюється у 33074756,78 т/рік.

Максимум швидкості надходження поллютантів в Чорне море спостерігається навесні, мінімум – восени. Значну роль в цьому процесі відіграє гідрологічний режим Дунаю.

Таблиця 5

Швидкості надходження забруднюючих речовин з водами Української частини річки Дунай у 2012 році (кг/с)

Гідрохімічні показники	Дата відбору проб					
	18.01	28.02	14.03	8.04	27.05	23.06
магній	35,5	59,8	68,7	55,9	79,1	34,3
хлориди	71,3	133,4	139,7	121,1	154,9	133,0
сульфати	106,8	211,6	230,5	174,7	219,7	181,8
гідрокарбонати	372,4	675,1	700,4	642,8	736,0	646,8
натрій	42,8	121,1	124,9	87,9	117,0	204,6
кальцій	114,2	189,6	191,8	190,2	195,8	142,9
фенол	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
СПАР	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
азот амонійний	0,32	1,10	1,10	0,68	0,37	0,03
азот нітрітний	0,06	0,07	0,09	0,07	0,13	0,15
азот нітратний	2,47	7,07	7,59	5,94	5,26	3,04
фосфати	0,12	0,10	0,12	0,11	0,12	0,14
кремній	4,05	10,79	12,77	7,24	10,30	6,04
фосфор загальний	0,27	0,44	0,27	0,29	0,31	0,34
хром вал. +6	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
Гідрохімічні показники	Дата відбору проб					
	22.07	21.07	11.09	27.10	14.11	5.12
магній	41,1	29,2	17,5	26,9	43,6	34,7
хлориди	95,2	53,8	42,6	59,5	80,6	70,1
сульфати	171,4	92,9	73,8	90,7	128,0	112,3
гідрокарбонати	618,9	333,7	275,5	344,4	483,5	416,0
натрій	137,5	77,1	63,9	89,0	73,9	82,2
кальцій	150,5	69,1	65,2	75,3	126,6	100,7
фенол	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
СПАР	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02
азот амонійний	0,22	0,17	0,13	0,18	0,24	0,50
азот нітрітний	0,13	0,10	0,04	0,03	0,04	0,05
азот нітратний	2,24	0,95	0,94	2,10	3,18	2,72
фосфати	0,08	0,03	0,05	0,06	0,10	0,08
кремній	4,57	1,74	1,73	3,58	4,76	4,80
фосфор загальний	0,29	0,20	0,09	0,11	0,25	0,24
хром вал. +6	0,05	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02

Список літератури:

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. Щорічні дані про якість поверхневих вод суши. Частина 1. Річки. Випуск 1 / відповідальний за випуск Косовець О. Київ, 2013.
7. Методы оценки достоверности результатов статистического исследования: учебно-методическое пособие для студентов. Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2011.
8. Статистическая обработка данных, полученных экспериментальным путем в лесохозяйстве. Режим доступа: <http://www.f-mx.ru/>.

Бургаз А.А.

Одесский государственный экологический университет

Верлан В.А., Титяпкин А.С.

Украинский научный центр экологии моря

ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЕ МОРЕ СО СТОКОМ РЕКИ ДУНАЙ

Аннотация

Выполнена оценка достоверности данных гидрохимических показателей воды реки Дунай. В качестве исходных использовались данные, полученные в 2012 году в пункте наблюдений за качеством вод на реках, впадающих в Черное море. Определенный объем стока загрязняющих веществ в Черное море с речными водами. Рассчитаны скорости поступления загрязняющих веществ с водами украинской части Дуная.

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

Burgaz A.A.

Odessa State Environmental University

Verlan V.A., Tytiapkin A.S.

Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea

ESTIMATION OF POLLUTION OF POLLUTANTS IN THE BLACK SEA WITH THE DISCHARGE OF THE DANUBE RIVER

Summary

The estimation of water hydrochemical indices data reliability of Danube and Dniester rivers 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 pollutants in the Black Sea and river waters is determined. The rates of inflow of pollutants with the waters of the Danube Ukrainian part are calculated.

Keywords: Black Sea, river runoff, pollutants.