

УДК 519.2+550.42+504.4.054

ЖУКОВ М.Н.¹, КЛИПА А.В.¹, ВИШНЕВСЬКИЙ І.В.²

¹КНУ імені Тараса Шевченка, м.Київ

²КП «Кіровгеологія», м. Київ

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ МЕТОДИКИ ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛІВ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ПРИРОДНИХ ВОДАХ

Продemonстровано можливості використання композиційних моделей розподілів вмісту мікроелементів природних вод на території Полтавської області для вирішення задач екологічного моніторингу. Доведено, що інтегральні характеристики, отримані на основі запропонованих моделей, є стійкими і дозволяють детально дослідити об'єкт та оцінити його екологічний стан. Встановлено, що з 1985 р. по 1993 р. екологічна ситуація у акваторіях досліджуваного регіону погіршилась. Окрім статистичних оцінок площ перевищення критичних границь вмісту мікроелементів, їх сумарного навантаження, також розраховано питоме навантаження цих елементів на одиницю площі території, яка вкрита водою. Така характеристика дає можливість порівнювати екологічні показники різних об'єктів та територій не лише в часі, але й між собою.

Підвищений вміст мікроелементів у природних водах вказує не лише на забруднення води внаслідок антропогенної діяльності, а й на особливості геолого-гідрогеологічних умов території, на якій вони знаходяться. У незначних кількостях вони присутні у всіх природних компонентах навколишнього середовища, формуючи тим самим фоновий вміст елементу. Природні води не є виключенням. Проте, коли вміст мікроелементів у природних компонентах перевищує фонові значення, це говорить про їх надходження з додаткових джерел, які пов'язані з господарською діяльністю людини. Забруднення природних вод мікроелементами, з яких велика кількість є важкими металами, призводить до їх поступової деградації та втрати екологічних властивостей. Як результат, вода стає непридатною для задоволення господарсько-питних потреб. Використання такої води веде до серйозних негативних змін у здоров'ї людини [1]. Тому моніторинг поведінки мікроелементів у природних водах є важливою складовою екологічного моніторингу, на основі якого можна запобігати негативним наслідкам, які пов'язані з забрудненням навколишнього середовища. А вдосконалення засобів моніторингу підвищує його ефективність і розширює можливості, що дає змогу більш детально досліджувати об'єкт та з'ясувати інформацію, пов'язану з його змінами.

У попередніх роботах [2,3] для оцінки екологічного стану природних водних об'єктів було запропоновано удосконалену методику, яка базується на ймовірнісно-статистичному моделюванні розподілів вмісту мікроелементів у природних водах. Дані для дослідження закономірностей розподілів вмісту елементів у природних водах були надані Казенним підприємством «Кіровгеологія» – дві об'ємні бази даних по гідролітохімічних зйомках різного масштабу, які були проведені на території Полтавської області у 1985–1991 рр. та 1991–1993 рр. Було доведено, що запропоновані композиційні моделі (композиційно-нормальна та композиційно-логнормальна) є універсальними для опису розподілів вмісту всіх досліджуваних елементів. Показовим прикладом універсальності композиційних моделей є щільність розподілу вмісту міді у період 1985–1988 рр. На графіках із зображенням щільності розподілу концентрацій міді (рис.1) спостерігається ускладнення у вигляді полімодальності, яке модель вправно долає. Якщо перша модель пов'язана з даними, які нижче порогу чутливості, то дві інших свідчать про різні закони розподілів на

досліджуваній території. У додаток до цього, моделі виявилися ефективними навіть при невеликій кількості даних [3].

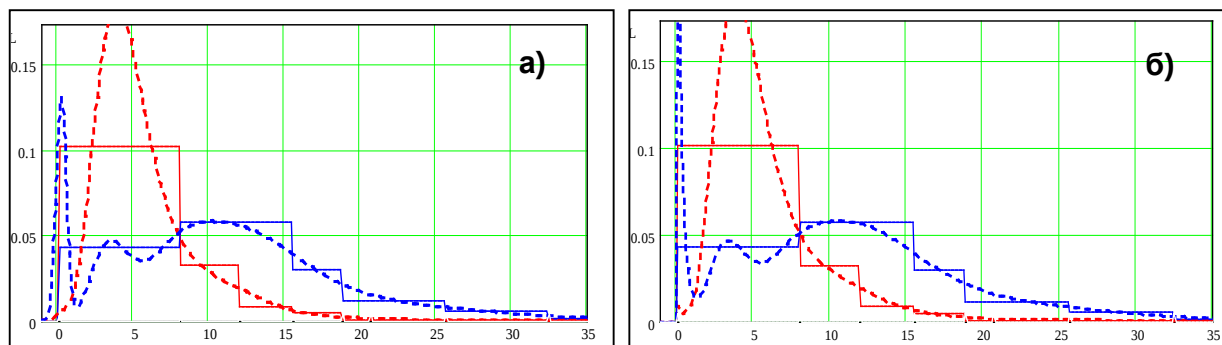


Рис.1. Розподіли вмісту Cu ($\text{п} \cdot 10^{-2} \text{ мг/дм}^3$) у природних водах:

непараметрична щільність (суцільна червона лінія – дані 1985–1988 рр., суцільна синя – 1991–1993 рр.); параметрична щільність (пунктирна червона лінія – дані 1985–1988 рр., пунктирна синя – 1991–1993 рр.):
а) композиційний нормальний розподіл; б) композиційний логнормальний розподіл

Модель, яка адекватно описує розподіли вмісту елементів у природних водах, дає можливість розрахувати інтегральні характеристики, які дають змогу оцінити екологічний стан досліджуваного об'єкту (природні води Полтавської області): статистичні оцінки площ, на яких вміст елементу перевищує задані границі, сумарне навантаження елементів на об'єкт та питома навантаження на одиницю площі, яка вкрита водою. Ці характеристики розраховуються шляхом інтегрування щільності розподілів за формулами (1,2):

$$S = \int_D^{x_{kg}} f(x) dx, \quad (1)$$

де S – статистична оцінка площі, на якій вміст елементу перевищує критичні границі (D); $f(x)$ – оцінка щільності розподілу вмісту концентрацій мікроелементу;

$$P = K_p V_v \int_{x_{ог}}^{x_{kg}} f(x) dx \quad (2)$$

де P – сумарне навантаження елементу на природний водний об'єкт;

K_p – перерахунковий коефіцієнт;

V_v – об'єм досліджуваного водного об'єкту

Як видно з формули (2), для розрахунку сумарного навантаження елементів на водні об'єкти додатково необхідно знати об'єм водних ресурсів області, а для розрахунку питомих навантажень – площу земель, вкритих водою.

Було встановлено, що загальний об'єм водних ресурсів області:

- у середній за водністю рік становить 1940 млн. м^3 ;
- у маловодний рік – 1310 млн м^3 ;
- у дуже маловодний рік ця цифра знижується до 760 млн м^3 .

Загальна площа земель, вкритих водою, становить 1488 км^2 , або 5,18% території області. У тому числі під штучними водоймами – 1313 км^2 ; річками й струмками – біля 103 км^2 ; озерами – 51,4 км^2 [4].

У нашому випадку до уваги було взято об'єм водних ресурсів у середній за водністю рік. Також було зроблено припущення, що вміст мікроелементів у товщі води є однаковим, тобто не змінюється з глибиною. Проте, з'ясувавши залежність концентрації елементу від глибини, оцінки сумарного навантаження можуть бути уточнені за рахунок функцій регресії, що моделюють зміну вмісту з глибиною.

Результати розрахунку інтегральних характеристик екологічного стану водних об'єктів Полтавської області на основі композиційних моделей наведені в табл. 1 (на прикладі Ва, Cu, Mn, Mo, V). До уваги взяті ті елементи, кількість значущих проб яких не менша 85 %. У табл. 1 наведені усереднені значення оцінок за композиційно–нормальною та композиційно–логнормальною моделями, які є найбільш точними [3].

Таблиця 1. Інтегральні характеристики екологічного стану водних об'єктів Полтавської області на основі композиційних моделей

Хім. елемент	$D_{кр}$	Одиниці виміру $D_{кр}$, мг/дм ³	1985-1988 рр.			1991-1993 рр.		
			S	P	P_p	S	P	P_p
Ba	15	$n \cdot 10^{-2}$	0,046	124,305	83,54	0,1555	150,9	100,855
Cu	14	$n \cdot 10^{-3}$	0,042	11,625	7,815	0,305	21,58	14,5
Mn	15	$n \cdot 10^{-2}$	0,246	289,85	194,795	0,3435	434,705	292,15
Mo	21	$n \cdot 10^{-4}$	0,00865	1,3	0,87	0,1005	1,575	1,06
V	8	$n \cdot 10^{-3}$	0,079	6,89	4,635	0,02	3,855	2,59

Примітки: $D_{кр}$ – критична границя, S – імовірнісна оцінка площі перевищення $D_{кр}$, P – сумарне навантаження (т), P_p – питоме навантаження (кг/км²)

Слід зазначити, що при визначенні критичних границь було враховане ландшафтно–геохімічне районування Полтавської області, а саме, фонові значення вмісту мікроелементів у природних водах [5]. Це дало можливість з'ясувати площі з аномальним вмістом досліджуваних елементів, причиною якого здебільшого є фактори техногенної діяльності.

Для більш наглядного прикладу зміни екологічної ситуації досліджуваного регіону дані табл. 1 зображені у вигляді гістограм на рис. 2.

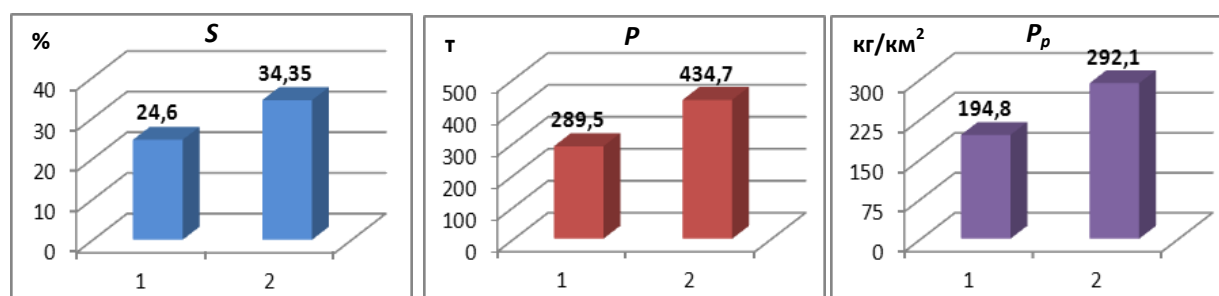


Рис. 2. Графічне відображення інтегральних оцінок, наведених у табл. 1 (на прикладі Mn): 1 – у період 1985–1988 рр. 2 – у період 1991–1993 рр.

З табл. 1 та рис. 2 видно, що екологічна обстановка у акваторіях Полтавської області по досліджуваним елементам у період з 1985 р. по 1993 р. погіршилась. Площі, на яких вміст мікроелементів перевищує критичні границі, збільшилися з 0,86–24,6 до 10–34,35 %. Площа, де вміст барію (Ba) перевищує $15 \cdot 10^{-2}$ мг/дм³, збільшилася у 3,5 рази – з 4,5 до 15,5%; площа, де вміст міді (Cu) перевищує $14 \cdot 10^{-3}$ мг/дм³ – у 7,5 разів – з 4 до 30 %; площа, де вміст марганцю (Mn) перевищує $15 \cdot 10^{-2}$ мг/дм³ збільшилася у 1,4 рази – з 24,3 до 34,6 %; площа, де вміст молібдену (Mo) перевищує $21 \cdot 10^{-4}$ мг/дм³ збільшилася майже на 10 відсотків – з 0,8 до 10,1 %.

Сумарне навантаження на водні об'єкти також підвищилося: Ва – з 124,3 т у 1985–1988 рр. до 150,9 т у 1991–1993 рр.; Cu – з 11,625 до 21,58; Mn – з 289,85 до 434,7; Mo – з 1,3 до 1,575. Відповідно до сумарного і питоме навантаження по зазначеним елементам на одиницю площі зросло. Так, стосовно Ва воно змінилося з 83,54 кг/км² до 100,85 кг/км²; Cu – з 7,815 до 14,15; Mn – з 194,8 до 292,15; Mo – з 0,87 до 1,06.

Проте, ситуація з одним із досліджуваних елементів кардинально відрізняється від інших. Концентрація ванадію (V) у природних водах зменшилася, про що свідчать дані тибл.1. Площа, на якій вміст V перевищує критичні границі, зменшилась з 7,9 % у 1985–1988 рр. до 2 % у 1991–1993 рр. Сумарне та питоме навантаження також знизилося з 6,89 т до 3,86 т і з 4,64 кг/км² до 2,59 кг/км² відповідно.

Проведене дослідження свідчить, що ситуація у період з 1985 р. по 1993 р. змінилася у гіршу сторону. Концентрації чотирьох з п'яти мікроелементів у природних водах підвищились, що говорить про додаткове їх надходження до компонентів навколишнього середовища, у тому числі й до природних вод. Джерелами додаткового надходження елементів є антропогенна діяльність людини. Незважаючи на стагнацію промисловості у період проведення другої зйомки, екологічна ситуація погіршилась і причиною цього є колосальне техногенне навантаження на природне середовище у період розквіту СРСР – 1975–1985 рр.[6]. Для відновлення і самоочищення компонентів природи необхідно значно більше часу.

Що стосується ванадію, то покращення екологічної ситуації пов'язане, скоріше за все, саме з стагнацією нафтової промисловості у досліджуваний період. Цей мікроелемент входить до складу нафтопродуктів, видобуток та обробка яких притаманна Полтавській області, оскільки після розпаду СРСР нафтопереробна промисловість значно скоротила обсяги виробництва продукції.

Як бачимо з вищевикладеного матеріалу, запропонована удосконалена методика дослідження розподілів вмісту хімічних компонентів природних вод є досить ефективним інструментом для вирішення задач моніторингу. Екологічна оцінка на основі інтегральних характеристик розподілів є значно інформативнішою у порівнянні з традиційною оцінкою, що ґрунтується на порівнянні гранично допустимих концентрацій. Проте слід зазначити, що можливості даної методики не обмежуються розрахунком інтегральних характеристик. Маючи бази даних систематичних спостережень за водними об'єктами певної території, можна робити прогноз зміни кривих розподілів на майбутнє. Додавши до моделі дані стосовно факторів, які впливають на зміну хімічного складу природних вод (кількість опадів, випаровування, ландшафтно-геохімічне районування, кількість стічних вод, наявність звалищ та захоронених відходів і т.д.) можна з'ясувати залежність зміни статистичних характеристик розподілів під впливом зазначених факторів. Створення прогнозової моделі з урахування зазначених факторів буде метою подальших досліджень.

1. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В. Скальный. – М.: Мир, 2003. – 216 с.
2. Імовірнісна оцінка забруднення природного середовища на основі моделювання розподілів вмісту хімічних елементів (на прикладі поверхневих вод Полтавської області) / М.Н. Жуков [та ін.] // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. – 2012. – № 58. – С.52–57.
3. Жуков М.Н. Оцінка ефективності моделей розподілу вмісту важких металів у поверхневих водах (на прикладі Полтавської області) / М.Н. Жуков, А.В. Клипа, І. Стахів // Вісник Київського університету. Геологія. – 2012. – № 59. – С.51-53.
4. Географія Полтавщини – Режим доступу: <http://geo.pnpu.edu.ua/waters.php> – Назва з екрану.

5. Вступ до медичної геології: у 2 т. – Т. 2 / Г.І. Рудько[та ін.]; за ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. – К.: Академпред, 2010. – 448 с.
6. Жуков М.Н. Рівень та фактори забруднення поверхневих вод важкими металами (на прикладі Полтавської, Сумської та Чернігівської областей) / М.Н. Жуков, А.В. Клипа // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – 2013. – № 1049. – С. 199–205.

Жуков Н.Н., Клипа А.В., Вишневский И.В.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОЛТАВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Продемонстрировано возможности использования композиционных моделей распределений содержания микроэлементов природных вод на территории Полтавской области для решения задач экологического мониторинга. Доказано, что интегральные характеристики получены на основе предложенных моделей, устойчивы и позволяют детально исследовать объект и оценить его экологическое состояние. Установлено, что с 1985 г. по 1993 г. экологическая ситуация в акваториях исследуемого региона ухудшилась. Кроме статистических оценок площадей, на которых содержание микроэлементов превышает критические границы, их суммарной нагрузки, также рассчитано удельную нагрузку этих элементов на единицу площади территории, которая покрыта водой. Такая характеристика дает возможность сравнивать экологические показатели различных объектов и территорий не только во времени, но и между собой.

Zhykov N.N. , Klypa A.V. , Vishnevsky I. V.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF WATER BODIES OF POLTAVA REGION BASED ON THE PROBABILITY MODELING DISTRIBUTIONS OF TRACE ELEMENTS CONTENT IN NATURAL WATERS

The possibilities of using compositional model of distribution of trace elements in natural waters in the Poltava region for solving the tasks of environmental monitoring were demonstrated. Based on the proposed models, the integral characteristics of environmental condition of natural waters, which made possible to study in detail the ecological status object and assess its, were obtained. From 1985 to 1993 ecological situation in the waters of the studied region was deteriorated. In addition to statistical estimates of areas exceeding the critical limits of trace elements and their total load, the unit load these elements per unit of land area that is covered by water was calculated. This characteristic makes it possible to compare the environmental performance of different objects and areas not only in time but also with each other.