ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

УДК 519.2+550.4+504

М. Жуков, д-р геол. наук, проф.,
А. Клипа, асп., І. Стахів, асп.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЕЙ РОЗПОДІЛУ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ (НА ПРИКЛАДІ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Проведено порівняльну оцінку ефективності чотирьох моделей розподілу (нормальної, логнормальної, композиційно-нормальної та композиційно-логнормальної) вмісту важких металів у поверхневих водах на штучно скорочених вибірках. Виконано оцінки площ території, на яких рівень важких металів перевищує задані критичні границі та порівняно їх з прямими оцінками, які були отримані під час розрахунку повного об'єму даних. Встановлено, що обидві композиційні моделі є найбільш ефективними, причому за точністю оцінки площ, одержані по зменшеним вибіркам, майже не поступаються прямим оцінкам.

A comparative assessment of the effectiveness of four models (normal, lognormal, compositional normal and compositional lognormal) of heavy metals content's distribution in surface waters at artificially reduced samples has been conducted. The estimations of areas of the territory in which the level of heavy metals exceeds the specified critical limits were made and then direct estimates that were obtained during the calculation of the total volume of data were compared with previous data. Both composite models were found most effective, and the accuracy assessments areas obtained by the reduced samples were equal direct estimates.

Якість поверхневих вод України є однією з пріоритетних проблем, актуальність якої не викликає сумнівів. Понад 70 % населення споживає воду саме з поверхневих джерел, які є найбільш вразливими до забруднення [2]. Моніторинг стану забруднення, хімічного складу, епідеміологічних та органолептичних показників дає змогу оцінювати рівень антропогенного навантаження на водні об'єкти і небезпеку для навколишнього середовища в цілому.

Більшість басейнів річок і водоймищ, із яких, переважно, і забезпечуються потреби населення у воді, не можна вважати екологічно безпечними. У деяких містах та окремих регіонах відхилення води від норми сягає 70-80% [2].

Одним з розповсюджених показників забруднення поверхневих вод є рівень перевищення у їхньому складі концентрацій мікроелементів, зокрема важких металів. Серед забруднювачів важкі метали привертають чи не найбільшу увагу служб, які ведуть контроль якості води – Державної гідрометеорологічної служби, Державного агентства водних ресурсів, Міністерства екології та природних ресурсів, Державної санітарно-епідеміологічної служби. Причиною є біологічна активність більшості з них.

Для удосконалення кількісних оцінок забруднення важкими металами поверхневих вод нами запропонований метод, оснований на моделюванні розподілів вмісту важких металів у поверхневих водах [1]. Поруч з відомими, запропоновано моделі композиційного розподілу з нормальними локальними складовими та композиційного з логнормальними локальними складовими. Результати дослідження показали, що найбільш адекватними моделями розподілу вмісту мікроелементів є композиційна нормальна та композиційна логнормальна моделі. Дещо гіршу відповідність показав логарифмічно нормальний розподіл. Нормальна модель для опису розподілу вмісту хімічних елементів – забруднювачів у поверхневих водах виявилась неприйнятною.

Експериментальну основу досліджень склала об'ємна база даних (табл. 1), створена на матеріалах двох гідролітохімічних зйомок, проведених казенним підприємством "Кіровгеологія" у 1981–1990 рр. та 1991–2007 рр. Використано проби води, відібрані з поверхневих водних об'єктів (річки, озера, ставки, болота) на території Полтавської області.

У попередній роботі було також доведено, що вказані моделі дозволяють виконувати стійкі оцінки площ перевищення критичних границь вмісту хімічних елементів [1]. Через обмежений обсяг статті наводяться дані лише трьох хімічних елементів: Ni, Mn, Zn (табл. 2).

Таблиця 1

Об'єми аналітичних досліджень гідролітохімічних зйомок Полтавській області

№ п/п	Масштаб гідро літохімічної зйомки	Роки проведення зйомки	Кількість виконаних аналізів	Вид аналізу	Хімічні елементи	Одиниці виміру
1	1:1000000	1985	288	спектральний	Ba,Cr,Cu, Mn,Mo,Ni,Pb,Sr,V,Zn	мг/дм^3
2	1:500000	1991–1993	560	спектральний		мг/дм^3

Таблиця 2

Оцінки ймовірностей перевищення критичних границь мікроелементів у поверхневих водах Полтавської області

Хім. елемент	$D_{кр}$	Оцінки ймовірностей перевищення $D_{кр}$									
		1985 р.					1991–1993рр.				
		No	Log	Komp_No	Komp_Log	Gist	No	Log	Komp_No	Komp_Log	Gist
Ni	2	0,3592	0,0924	0,1010	0,124	0,1314	0,650	0,5069	0,599	0,619	0,6176
Mn	10	0,0642	0,0613	0,084	0,086	0,1105	0,6133	0,3309	0,423	0,427	0,4214
Zn	10	0	0	0,011	0,012	0,0135	0,3815	0,0435	0,113	0,113	0,1129

Примітки: $D_{кр}$ – значення критичної границі (мг/дм^3); No – за нормальною апроксимацією; Log – за логнормальною апроксимацією; Komp_No – за композицією з локальних нормальних розподілів; Komp_Log –за композицією з локальних логнормальних розподілів; Gist – за частотою (гістограмою). Підкреслено найбільш точні змодельовані оцінки.

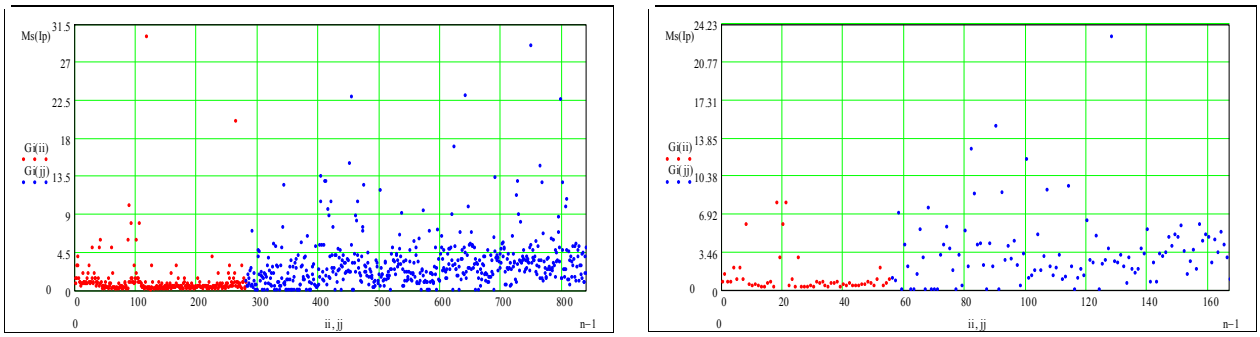
За результатами проведеного дослідження встановлено, що площі, на яких забруднення перевищує критичні границі, збільшилися з 0–16 % до 3–60 %. Критичні границі розраховувалися на основі гранично допустимих концентрацій діючих нормативів якості питної води [3].

Використаний метод виявився ефективним. Проте велика кількість вихідних даних у сучасних умовах робить проблематичним проведення гідролітохімічних зйомок для моніторингу поверхневих вод такого масштабу, у якому їх вдалося провести у 1981–1985 рр. та

© Жуков М., Клипа А., Стахів І., 2012

1991–2007 рр. Головною причиною є економічні витрати на відбір, зберігання, перевезення та аналіз проб води. У зв'язку з цим було вирішено перевірити стійкість одержаних оцінок при зменшених вибірках шляхом зіставлення їх з прямими оцінками, які були отримані за повним об'ємом даних.

Проведено експеримент за скороченими у п'ять разів вибірками. Відповідним чином було доповнено створений авторами модуль автоматизованої побудови непараметричної та параметричних оцінок щільностей розподілів з числа обговорюваних моделей. В ході обробки генеральних вибірок цим модулем в автоматичному режимі було сформовано 5 різних вибірок кожна за обсягом у 5 разів менша початкової. За даними 1985 р сформовано 5 вибірок по 56 спостережень, а за даними 1991–1993 рр – 5 вибірок по 112 спостережень. Результати вимірювань повного та скороченого об'ємів даних відображено на рис. 1.



а) б)

Рис. 1. Відображення спостережень (Ni):
Gi(ii) – спостереження 1985 р; Gi(jj) – спостереження 1991–1993 рр: а) загальна вибірка даних; б) скорочена вибірка даних

Наступні дії зі скороченими вибірками даних були ідентичні моделюванню за повною вибіркою. Отримані розподіли вмісту всіх вищезазначених елементів були зіставлені з розподілами повних вибірок даних. На рис. 2 для прикладу наведено розподіл вмісту Ni. Як показує рис. 2, апроксимація моделей скороченої вибірки у перших двох випадках (нормальний та логнормальний закони розподілу) схожі з відповідними розподілами по повній вибірці, а у останніх двох (композиційно-нормальна, композиційно-логнормальна моделі) майже ідентичні. Це підтверджує одержаний нами у висновок, що найкращими моделями для опису розподілів вмісту важких металів у поверхневих водах є обидві композиційні моделі [1].

Далі оцінки площ перевищення критичних границь вмісту важких металів у поверхневих водах, одержані по кожній вибірці, були зіставлені з прямою оцінкою, яка була отримана під час розрахунку повного об'єму даних. Також були розраховані середні значення цих оцінок по кожному масиву даних (табл. 3).

Таблиця 3

Оцінки ймовірностей перевищення критичних границь мікроелементів у поверхневих водах Полтавської області (зменшена вибірка, крок 5, порядок 1-5)

$D_{кр}$	№ п/п	Оцінки ймовірностей перевищення $D_{кр}$									
		1985р.					1991–1993рр.				
		No	Log	Komp_No	Komp_Log	Gist	No	Log	Komp_No	Komp_Log	Gist
		Ni					Ni				
2	1	0,3227	0,1194	0,136	0,172		0,6702	0,4862	0,605	0,64	
	2	0,4388	0,1077	0,087	0,123		0,6494	0,4941	0,565	0,598	
	3	0,3861	0,1095	0,115	0,151	**0,1314**	0,6489	0,4765	0,527	0,565	**0,6176**
	4	0,2799	0,091	0,117	0,155		0,6377	0,5348	0,567	0,602	
	5	0,0367	0,0351	0,072	0,112		0,6665	0,499	0,572	0,608	
	Sr.zn.	**0,2928**	**0,0925**	**0,1054**	**0,1426**		**0,6545**	**0,4981**	**0,5672**	**0,6026**	
		Mn					Mn				
10	1	0,0698	0,0442	0,066	0,071		0,6269	0,328	0,414	0,428	
	2	0,0437	0,0691	0,082	0,087		0,6125	0,3228	0,386	0,396	
	3	0,1065	0,0758	0,11	0,118	**0,11**	0,604	0,2938	0,394	0,408	**0,4214**
	4	0,0638	0,074	0,101	0,107		0,6094	0,319	0,432	0,445	
	5	0,0451	0,0521	0,073	0,078		0,6204	0,3381	0,42	0,433	
	Sr.zn.	**0,06578**	**0,0630**	**0,0864**	**0,0922**		**0,6146**	**0,3203**	**0,4092**	**0,422**	
		Zn					Zn				
10	1	0	0	0	0		0,3362	0,041	0,111	0,111	
	2	0,0006	0,0005	0,03	0,031		0,4522	0,0776	0,14	0,14	
	3	0	0	0	0,0003	**0,0135**	0,3097	0,015	0,077	0,078	**0,1129**
	4	0	0	0,0089	0,009		0,251	0,0079	0,065	0,065	
	5	0	0	0,018	0,018		0,4505	0,929	0,158	0,158	
	Sr.zn.	**0,00012**	**0,0001**	**0,0113**	**0,1167**		**0,3599**	**0,2141**	**0,1102**	**0,1104**	

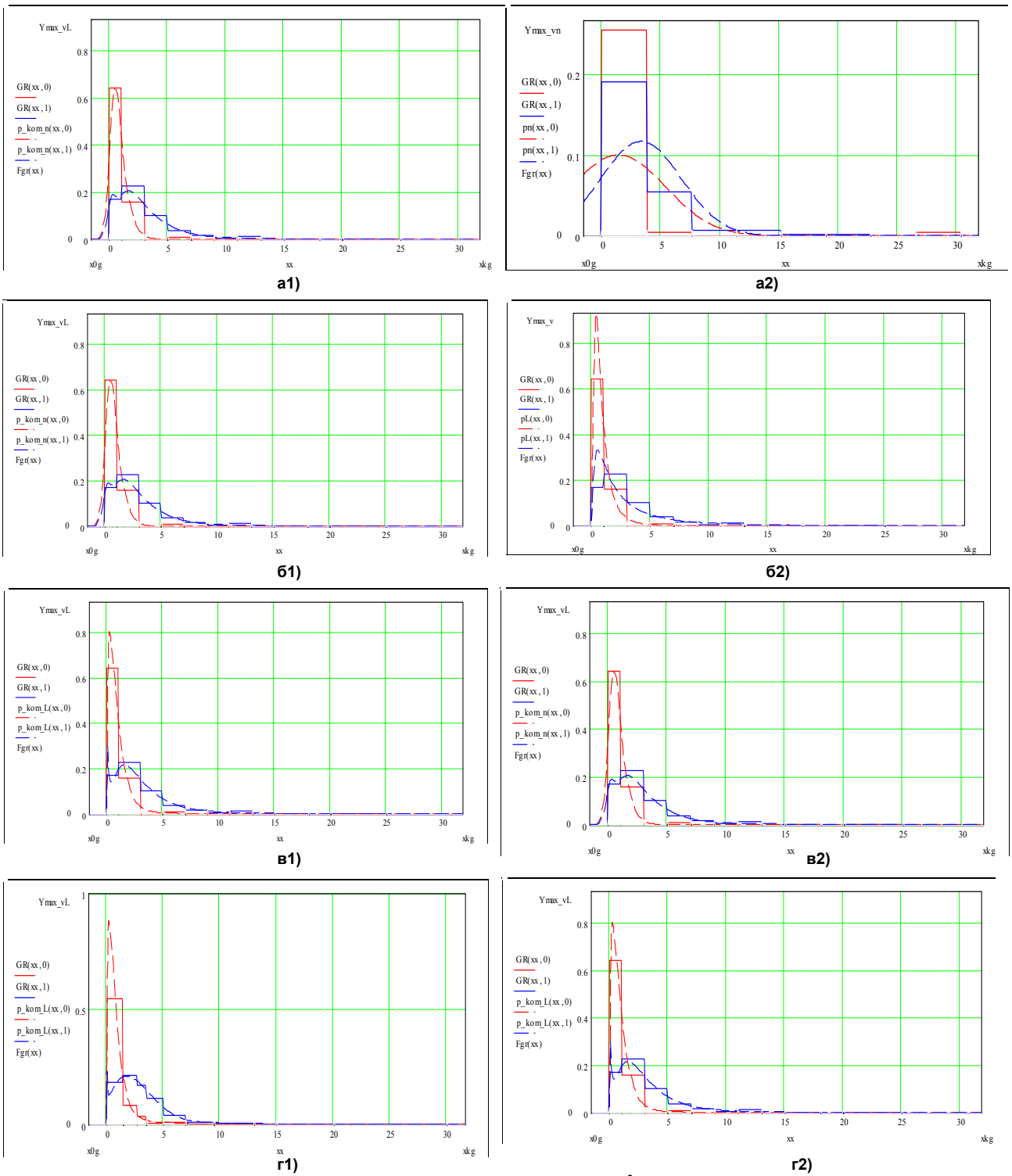


Рис. 2. Порівняння розподілів вмісту Ni (мг/дм^3) у поверхневих водах (GR(xx,n) – гістограма, n=0 – у 1985 р, n=1 – у 1991–1993рр):

а) нормальний розподіл (pn(xx,n):1 – загальна вибірка даних, 2 – скорочена вибірка даних;
б) логнормальний розподіл (p_kom(xx,n): 1 – загальна вибірка даних, 2 – скорочена вибірка даних;
в) композиційний нормальний розподіл (p_kom_n(xx,n): 1 – загальна вибірка даних, 2 – скорочена вибірка даних;
г) композиційний логнормальний розподіл (p_kom_L(xx,n): 1 – загальна вибірка даних, 2 – скорочена вибірка даних

Висновок. Результати проведеного експерименту, подані в табл. 3, доводять, що параметричні оцінки площ, одержані за обома композиційними моделями є найбільш ефективними для розв'язання поставленої задачі. Експериментально доведено, що за рахунок цих моделей метод дає змогу проводити повноцінний екологічний моніторинг важких металів у поверхневих водах і витрачати на нього значно менші кошти без помітної втрати у точності оцінок.

1. Жуков М. Імовірнісна оцінка забруднення природного середовища на основі моделювання розподілів вмісту хімічних елементів (на прикладі поверхневих вод Полтавської області) / М. Жуков, А. Клипа, І. Стахів // Вісник Київського університету. Геологія. – 2012. – № 58. 2. Освітній сайт з екології "Екологія життя" – Режим доступу: http://www.eco-live.com.ua /content/blogs/ekologichna-situatsiya-ta-stan-pitnikh-vod-ukraini. – Назва з екрану. 3. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: Державні санітарні норми та правила: ДСанПіН 2.2.4–171–10. – [Чинний від 12–05–10]. – К., 2011.

Надійшла до редколегії 19.08.12