



## Література

1. *Бойовий* статут сухопутних військ [Текст]. – У 2 ч. – К.: Варта, 1998. – Ч. II. – 287 с.
2. *Иваньков, П.А.* Местность и ее влияние на боевые действия войск [Текст] / П.А.Иваньков, Г.В. Захаров. – М.: Воениздат, 1969. – 207 с.
3. *Корольов, В.М.* ГИС-технології в інформаційно-керуючих системах підрозділів сухопутних військ [Текст] / В.М. Корольов, П.І. Волчко, В.Ю. Жидков, В.Д. Макаревич // Вісн. геод. та картогр. – 2004. – № 3. – С. 67-71.
4. *Кравчук, О.В.* Методика оперативного створення комп'ютерної тривимірної моделі місцевості [Текст] / О.В. Кравчук, С.В. Ленков, О.Г. Міхно // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2006. – № 1. – С. 122-127.
5. *Міхно, О.Г.* Військова топографія: підручник [Текст] / О.Г. Міхно, С.Г. Шмаль. – К.: Вид-полігр. центр "Київський університет", 2008. – 384 с.
6. *Міхно, О.Г.* Оперативне оцінювання прохідності місцевості [Текст] / О.Г. Міхно, В.А. Рябов // Вісн. геод. та картогр. – 2011. – № 3. – С. 30-34.
7. *Повшедний, В.А.* Методика вивчення й оцінки місцевості по топографічних картах: навчальний посібник [Текст] / В.А. Повшедний, Ю.Є. Варлан. – К.: НАОУ, 2000. – 13 с.
8. *Помбрік, И.Д.* Карта офицера [Текст] / И.Д. Помбрік, Н.А. Шевченко. – М.: Воениздат, 1985. – 175 с.

Надійшла 01.10.12

\* \* \*

УДК 528.9+502.3/7

Ю. О. Карпінський, Н. Ю. Лазоренко-Гевель

### ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПУНКТІВ У МЕРЕЖІ МОНІТОРИНГУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

*Описываются методы проверки статистических гипотез, методы ГИС-анализа и моделирования для оценки пространственного распределения пунктов в сети наблюдений за поверхностными водами Киевской области. Сделан общий вывод о равномерном рассредоточении таких пунктов в бассейне реки Днепр.*

*The methods of statistical hypotheses testing, GIS analysis and modeling for estimation of spatial distribution of observation points in the monitoring network of Kyiv oblast surface waters are described. It has been made a conclusion that observation points of the surface waters monitoring network in the Dnipro basin are uniformly distributed.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Поверхневі води – річки, озера, водосховища і ставки – відіграють особливу роль у житті суспільства, бо завжди були і залишаються джерелами прісної води. Але саме поверхневі води зазнають найбільшого впливу природних і антропогенних чинників, які визначають їх екологічний і санітарний стани. Якість водних ресурсів змінюється тому, що біль-шість водних об'єктів є одночасно джерелами водопостачання і приймачами скидів господарюючих суб'єктів. Тому контролювання стану водних об'єктів є обов'язковою умовою моніторингу природних комплексів.

Моніторинг поверхневих вод як складова державної системи моніторингу навколишнього природного середовища проводиться з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування змін і вироблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у питаннях використання, охорони та відтворення водних ресурсів [1]. Спостереження за якістю поверхневих вод здійснюють на пунктах спостереження. Це місця на водотоках або на замкнених водоймищах, де виконують комплекс робіт для одержання даних про кількісні та якісні характеристики води.

Однією з основних вимог до ефективного функціонування системи моніторингу поверхневих

вод є рівномірне просторове розміщення пунктів спостереження по всій території об'єкта дослідження. Виявити такий розподіл об'єктів моніторингу дозволяє геоінформаційний аналіз просторових розподілів. Будь-який набір геопросторових об'єктів, до яких належать і пункти спостережень за поверхневими водами (передаються точковим способом), має чітко визначене просторове розміщення. Виділяють чотири типи просторового розміщення точкових об'єктів: рівномірний, регулярний, випадковий і кластерний.

Для аналізу рівномірності розподілу пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод скористаємося методами геоінформаційного аналізу та апаратом математичної статистики.

**Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Дане дослідження мотивоване постановою Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля" від 30.03.1998 р. № 391, Державною цільовою екологічною програмою проведення моніторингу навколишнього природного середовища, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 5.12.2007 р. № 1376, і науково-дослідною роботою під назвою "Картографо-інформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об'єктів системи моніторингу", виконаною в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (2009-2010 рр.).

© Ю. О. Карпінський, Н. Ю. Лазоренко-Гевель, 2012



**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і які використали автори.** Теоретико-методичні питання моніторингу поверхневих вод у різних аспектах досліджували відомі вчені: Л. П. Брагінський, З. Ф. Бриндзя, В. І. Вишневський, Т. П. Галушкіна, З. В. Герасимчук, М. Д. Губко, Б. М. Данилишин, В. І. Зацерковний, І. П. Ковальчук, В. С. Кравців, С. В. Кривоберець, В. М. Кропивко, Л. П. Курганевич, Ю. П. Лебединський, С. С. Левківський, О. І. Лук'янець, А. В. Михнович, А. В. Мельник, А. І. Насушкін, Г. І. Рудько, П. Т. Саблук, В. Г. Сахаєв, Ю. С. Сімакін, В. М. Степанов, О. М. Теліженко, М. А. Хвесик, А. С. Яцик та багато інших.

Проблемами створення інформаційних систем для моделювання, прогнозування та прийняття рішень у сфері моніторингу довкілля загалом і моніторингу поверхневих вод зокрема, дослідженнями методів і технологій для автоматизованого проектування інформаційних систем, їх впровадженням займалися Г. Д. Аверін, М. П. Боцула, М. Й. Железняк, Ю. М. Коновалюк, Г. Я. Красовський, Є. М. Крижановський, А. А. Лященко, Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, В. М. Самойленко, І. В. Сергієнко, В. В. Скопечкий, О. М. Трофимчук та інші.

Дослідження І. П. Ковальчука, Л. П. Курганевич, А. В. Михновича [5] містить аналіз існуючих мереж спостережень за поверхневими водами у Львівській області. Автор розробив критерії оцінювання структури мережі моніторингу вод, запропонував рішення щодо оптимізації досліджуваної мережі.

У монографіях Г. Я. Красовського і В. А. Петрова [9, 10] розглянуто питання практичного застосування методів космічного моніторингу водних екосистем, до яких віднесено і води суходолу, в середовищі геоінформаційних систем. Описується також методика синтезу інформаційних моделей регіонального рівня, які характеризують антропогенне навантаження на водні екосистеми та динаміку й параметри їх використання.

В. Б. Мокін і працівники науково-дослідної лабораторії екологічних досліджень та екологічного моніторингу (НДЛ ЕДЕМ) Вінницького національного технічного університету розробили геоінформаційну аналітичну систему для організації робіт з моніторингу та охорони навколишнього природного середовища Вінниччини, якою можуть скористатися і за її межами. У 2003-2004 рр. у цій лабораторії розроблено та впроваджено геоінформаційну аналітичну систему державного моніторингу поверхневих вод області (ГІАС ДМПВ ВО). Система впроваджена у Держуправлінні екології та природних ресурсів області, в управлінні з надзвичайних ситуацій області, в обласній санепідемстанції, в обласному центрі з гідрометеорології, облводгоспі, у Південно-Бузькому басейновому управлінні водних ресурсів [2].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Незважаючи на велику кількість досліджень і публікацій з цієї проблематики, їх

автори обходять питання застосування методів ГІС-аналізу просторового розподілу пунктів і створів у мережі моніторингу поверхневих вод.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Змістом статті є геоінформаційний аналіз оптимальності мережі моніторингу поверхневих вод у Київській області методом просторового розподілу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Важливою особливістю оптимальності мережі моніторингу поверхневих вод є ступінь охоплення нею всієї різноманітності природних умов досліджуваної території. Адже, чим складніші природні умови території, тим більша кількість пунктів спостереження потрібна для забезпечення ефективної екстраполяції результатів моніторингу природних комплексів на сусідні території, які не охоплені постійними спостереженнями.

Гідрографію Київської області формують 177 річок завдовжки понад 10 км кожна, які належать до одного басейну найвищого рангу – Дніпра. Дніпро в межах області простягається на 246 км. Сумарна довжина усіх річок Київщини становить 8 700 км. На території області є також 55 водосховищ, найбільші з яких – Київське та Канівське. Водозабезпечення за рахунок поверхневих вод у межах області задовольняється: в басейні Прип'яті – на 96 %, Десни – 94 %, Росі – 81 %, Тетерева – 75 %, Трубежа – 68 %, р. Ірпеня – на 44 %. При цьому найбільші об'єми використання поверхневих вод припадають на міста. Так, від загального водоспоживання вони становлять: у Білій Церкві – 99,9 %, у Броварах – 92 %, в Ірпені – 63 %. Потреби Трипільської ТЕС теж задовольняються на 99 % за рахунок поверхневих вод. Згадані міста є також і основними джерелами скидання у водні об'єкти стоків [2].

Моніторинг поверхневих вод передбачає дослідження організації таких мереж спостереження: *стаціонарної* – за природним складом і забрудненням вод; *спеціалізованої* – тільки за забрудненням водних об'єктів; *тимчасової (експедиційної)*. На пунктах спостереження досліджують один або кілька створів. Створ – це умовний поперечний переріз водоймища або водотоку, де проводиться комплекс робіт для одержання інформації про якість води.

Спостереження за поверхневими водами у Київській області провадять кілька державних суб'єктів: Міністерство екології та природних ресурсів України, Міністерство надзвичайних ситуацій України і підпорядкована йому Державна гідрометеорологічна служба (Держгідромет), Міністерство охорони здоров'я України, Державне агентство водних ресурсів (Держводагентство). Як з'ясувалося в результаті офіційних запитів, основний обсяг робіт з моніторингу поверхневих вод виконується на пунктах спостережень Держводагентства і Держгідромету, де досліджуються гідрометричні й гідрологічні характеристики водотоків і стоячих водойм, а також визначають гідрохімічні та гідробіологічні показники якості вод. Перераховані вище суб'єкти моніторингу використовують дані



Держгідромету, Держводагентства і дані звітності, яку надають їм промислові підприємства.

Мережі моніторингу поверхневих вод вищеназваних суб'єктів утворюють: 66 пунктів, що належать Міністерству екології та природних ресурсів, 22 пункти Держводагентства, 49 – Міністерства охорони здоров'я, 15 пунктів і 29 створів, підпорядкованих Центральній геофізичній обсерваторії Держгідромету [3].

Центральній геофізичній обсерваторії підпорядкована гідрологічна станція Київ – оперативно-виробничий підрозділ Держгідромету. Станції підпорядковані 29 гідрологічних постів, розташованих на водотоках і водосховищах Вінницької, Житомирської, Київської, Черкаської та Чернігівської областей. На території Київської області розміщені гідрологічні пости I розряду (ГП-I) Іванків, Мостище, Фесюри, Здорівка, Миронівка, Літки, Березань, Баришівка, Переяслав-Хмельницький; озерні гідрометеорологічні пости I розряду (ОГП-I): на Київському водосховищі – Зелений Мис, Толокунь, Лебедівка, Вишгород, Чорнобиль, на Канівському – Київ, Українка, Ржищів, Переяслав-Хмельницький [14].

Під час аналізу мережі пунктів моніторингу поверхневих вод на території Київської області ми враховували такі критерії:

1. Ступінь рівномірності розташування об'єктів моніторингу поверхневих вод на річках різних рангів у кожній фізико-географічній області та у відповідному водному басейні.

2. Ступінь охоплення моніторингом гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних параметрів функціонування водних об'єктів.

Для з'ясування рівномірності розподілу пунктів у мережі спостережень за поверхневими водами використано стандартні методи перевірки статистичних гіпотез. Покажемо розташування пунктів спостереження на прикладі річки Дніпра, тому що саме для цього об'єкта моніторингу можна отримати найбільш статистично значущі результати.

Загалом сформулюємо завдання так: нехай задано якийсь емпіричний розподіл неперервної випадкової величини  $X$  у вигляді послідовності інтервалів  $x_{i-1}-x_i$  і відповідні їм частоти  $n_i$ , причому  $\sum n_i = n$  (об'єм вибірки). Необхідно, використовуючи критерій Пірсона, перевірити гіпотезу, що випадкова величина  $X$  розподілена рівномірно.

Щоб перевірити цю гіпотезу, тобто виявити закономірність, коли

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{(b-a)} & \text{в інтервалі}(a,b); \\ 0 & \text{в інтервалі}(a,b), \end{cases}$$

необхідно:

1. Оцінити параметри  $a$  і  $b$  – тобто кінцеві значення інтервалу, в якому спостерігалися імовірні значення  $X$ , за формулами (через  $a^*$  і  $b^*$  позначено

оцінки параметрів):

$$a^* = \bar{x}_g - \sqrt{3}\sigma_a; b^* = \bar{x}_g + \sqrt{3}\sigma_b.$$

2. Знайти щільність імовірності розподілу, що перевіряється:

$$f(x) = \frac{1}{(b^* - a^*)}.$$

3. Знайти теоретичні частоти:

$$n'_1 = n \cdot \frac{1}{(b^* - a^*)} (x_1 - a^*);$$

$$n'_2 = n'_3 = \dots = n'_{s-1} = n \cdot \frac{1}{(b^* - a^*)} (x_i - x_{i-1}),$$

$$(i = 2, 3, \dots, s-1);$$

$$n'_s = n \cdot \frac{1}{(b^* - a^*)} (b^* - x_{s-1}).$$

4. Порівняти емпіричні й теоретичні частоти за критерієм Пірсона, прийнявши число ступенів свободи  $k=s-3$ , де  $s$  – число інтервалів [3].

Скористаємося наведеним алгоритмом, прийнявши за випадкову величину кількість пунктів у мережі, незалежно від їх відомого підпорядкування; за інтервали, на які розбивається вибірка, – трапеції масштабу 1:100 000 на Київську область; за частоти – кількість пунктів спостереження у трапеції. Дані для розрахунків перевірки гіпотези про рівномірний розподіл візьмемо з табл. 1.

Таблиця 1. Розрахунки для перевірки гіпотези про рівномірний просторовий розподіл пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод

Номенклатура трапецій	Кількість пунктів	$n'_i$	$n_i - n'_i$	$(n_i - n'_i)^2$	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
М-35-24	0	1,550055679	-1,55006	2,4026726	1,550055679
М-35-35	0	3,207134903	-3,20713	10,285714	3,207134903
М-35-36	0	3,207134903	-3,20713	10,285714	3,207134903
М-36-13	3	3,207134903	-0,20713	0,0429049	0,013377943
М-36-25	8	3,207134903	4,792865	22,971556	7,162640966
М-36-26	0	3,207134903	-3,20713	10,285714	3,207134903
М-36-37	4	3,207134903	0,792865	0,6286351	0,196011419
М-36-38	0	3,207134903	-3,20713	10,285714	3,207134903
М-36-49	0	3,207134903	-3,20713	10,285714	3,207134903
М-36-50	16	3,207134903	12,79287	163,6574	51,02915915
М-36-62	10	3,207134903	6,792865	46,143016	14,38761313
М-36-63	3	3,207134903	-0,20713	0,0429049	0,013377943
М-36-64	0	3,207134903	-3,20713	10,285714	3,207134903
М-36-75	3	3,207134903	-0,20713	0,0429049	0,013377943
М-36-76	1	4,757190582	-3,75719	14,116481	2,967398684

Для пунктів спостереження на Дніпрі  $n=48$ ,  $\bar{x}_g=8$ ,  $\bar{\sigma}_g=4,3204938$ . Користуючись наведеними вище формулами, отримуємо:  $a^*=0,5166852$ ,  $b^*=15,4833148$ ,  $f(x)=0,0668153$ .

Розрахунки для  $\chi^2_{\text{спост.}}$  наведено в табл. 2:  $\chi^2_{\text{спост.}}=96,5758223$ ; для числа ступенів свободи  $k=12$  і рівня значущості  $\alpha=0,05$  становить 21. Оскільки  $\chi^2_{\text{спост.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$ , можна зробити висновок, що



пункти спостереження на Дніпрі розподілені нерівномірно.

Аналогічно можна перевірити цей показник для інших річок. Порівняльні дані наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Рівномірність просторового розподілу пунктів у мережі спостереження за поверхневими водами великих річок Київської області

Річка	Кількість трапецій	Кількість пунктів	$\chi^2_{\text{табл.}}$	$\chi^2_{\text{спост.}}$	Висновок
Дніпро	15	48	21	96,5758223	Нерівномірний розподіл
Рось з притоками	8	36	11,1	20,3685577	Нерівномірний розподіл
Ірпінь з притоками	4	12	3,8	15,8450917	Нерівномірний розподіл
Тетерів з притоками	6	7	7,8	5,6773138	Рівномірний розподіл
Трубіж з притоками	5	8	6	12,8206628	Нерівномірний розподіл

У табл. 2 не вказано даних по притоках Південного Бугу (Гнилий Тікич і Шпінгаліха), а також по Десні, оскільки вони протікають у межах лише двох трапецій, а для двох інтервалів перевірка гіпотези статистично неможлива.

Отже, аналіз просторового розподілу пунктів моніторингу за поверхневими водами на великих річках Київської області методом перевірки статистичних гіпотез показав, що лише на річці Тетерів з притоками пункти спостереження розподілені рівномірно, тоді як на таких річках, як Дніпро, Рось, Ірпінь, Трубіж з відповідними притоками – нерівномірно, бо знайдені їх статистичні показники перебувають у такій залежності:  $\chi^2_{\text{спост.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$  (див. табл. 2). Розподіл пунктів моніторингу поверхневих вод на річках Рось, Ірпінь, Трубіж наближене до хаотичного або вибіркового (gandom) розподілу, тоді як на Дніпрі – до кластерного (cluster), тому що більшість пунктів зосереджені біля Києва. Візуально це засвідчує мал. 4. Для детальної перевірки можна скористатися методом геоінформаційного аналізу "найближчого сусіда".

Для аналізу розташування пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод на території Київської області можна скористатися таким методом геоінформаційного аналізу, як аналіз квадратів [4].

Рівномірність точкових розподілів за цим методом визначається на основі співвідношення показників у подібних підобластях або квадратах: приймається (для рівномірного розподілу), що в кожному квадраті розташовується приблизно однакова кількість об'єктів, яка дорівнює загальному числу об'єктів, поділеному на кількість квадратів.

Територія Київської області лежить у межах 40-ка трапецій масштабу 1:100 000. Загальна кількість пунктів спостереження на водотоках – 129; всі вони різної відомчої підпорядкованості.

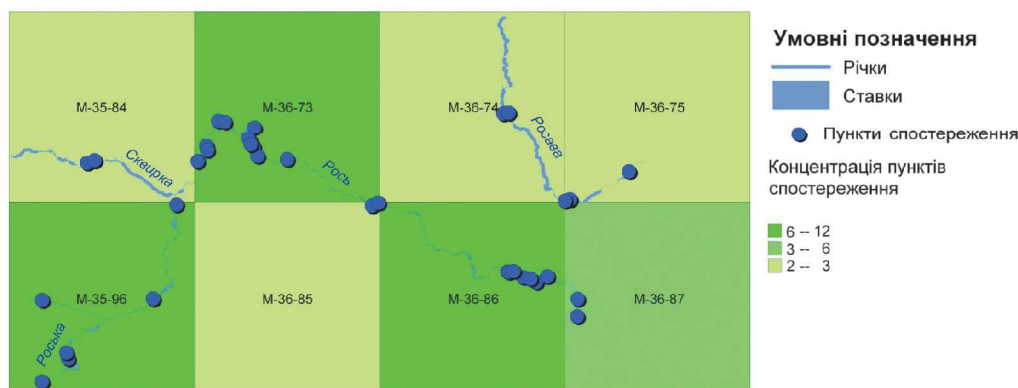
Середній показник кількості пунктів в одній трапеції, який би відповідав рівномірному розподілу точкових об'єктів в області, визначаємо за формулою

$$N_R = \frac{N_P}{N_T}, \quad (1)$$

де  $N_R$  – середня кількість пунктів, що припадає на одну трапецію;  $N_P$  – загальна кількість пунктів у мережі;  $N_T$  – кількість трапецій.

Використавши цю формулу, знаходимо величину  $N_R$ , яка становить 3,225.

Для візуалізації методу аналізу квадратів далі наведено тематичну карту розподілу пунктів у мережі басейну річки Рось (мал. 1), яку побу-



Мал. 1. До питання аналізу просторового розподілу пунктів спостереження у басейні р. Рось методом аналізу квадратів

довано методом рівної кількості записів. У табл. 3 відображено ранжировану на три інтервали кількість цих пунктів у трапеціях карти масштабу 1:100 000.

Таблиця 3. Розподіл пунктів спостереження у трапеціях

Інтервал (кількість пунктів на трапецію)	Кількість трапецій
6-12	3
3-6	1
2-3	4

Розглянуті вище методи оцінювання імовірності розподілу та метод аналізу квадратів є недосконалими через те, що в межах трапецій протікають річки різної довжини. Крім того, в межах однієї трапеції може бути кілька річок, як це видно з мал. 1.

Рівномірність розподілу пунктів спостереження за станом поверхневих вод встановлено в ході дослідження зв'язку між довжиною всіх річок та кількістю пунктів у межах трапеції. Для цього було поділено всі досліджувані річки на 89 інтервалів, кожен з яких відповідає границям трапеції, за допомогою стандартних інструментів редагування в середовищі ArcGIS. Потім було обчислено загальну довжину річок у межах кожної трапеції. Результати зведено в табл. 4.





Коефіцієнт кореляції розрахували за формулою

$$r_{k,l} = \frac{Cov(K,L)}{\sigma_k \cdot \sigma_l}$$

де  $K$  та  $L$  – середні значення масивів даних (кількість пунктів спостереження та довжини річок відповідно).

Таблиця 4. Розподіл пунктів у мережі в розрізі трапецій

Номенклатура трапецій	Кількість пунктів у межах трапеції	Довжина річки, км
M-35-23	0	0
M-35-24	0	17,42
M-35-35	0	0
M-35-36	0	25,98
M-35-47	0	0
M-35-48	2	80,08
M-35-59	0	25,65
M-35-60	3	59,63
M-35-72	5	81,46
M-35-83	0	0
M-35-84	2	45,85
M-35-95	0	0
M-35-96	6	87,27
M-35-108	0	0
M-36-13	3	20,92
M-36-14	0	0
M-36-25	8	133,66
M-36-26	0	0
M-36-37	7	122,53
M-36-38	5	49,51
M-36-39	0	8,74
M-36-49	5	65,24
M-36-50	19	96,34
M-36-51	3	48,15
M-36-52	1	51,69
M-36-53	0	0
M-36-61	2	43,86
M-36-62	11	85,9
M-36-63	11	101,8
M-36-64	2	53,06
M-36-65	0	0
M-36-73	12	67,84
M-36-74	2	52,32
M-36-75	2	33,8
M-36-76	1	43,14
M-36-85	4	36,24
M-36-86	11	70,06
M-36-87	2	11,28
M-36-97	0	0
M-36-98	0	0

Коефіцієнт кореляції між довжинами річок і кількістю пунктів спостереження в межах трапецій дорівнює 0,766, що свідчить про високий ступінь рівномірності розподілу пунктів спостереження відносно довжини річкової мережі.

Для характеристики просторового розподілу пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод за даними табл. 4 побудуємо гістограму (мал. 2).

По осі абсцис відкладаємо величини  $k_i$  – кількість трапецій масштабу 1:100 000, по осі ординат –  $n_i$ , що означає кількість пунктів у відповідних трапеціях. Середня кількість пунктів у трапеції становить 3, 225.

Для кращого візуального сприйняття просторового розподілу пунктів у мережі укладено тематичну карту, в якій показники ранжировано за п'ятьма інтервалами. За критерієм кількості пунктів у кожному інтервалі задано палітру кольорів (мал. 3).

З огляду на вищезазначене можна зробити висновок, що на великих річках Київської області та на їх притоках достатньо пунктів для спостереження за поверхневими водами і загалом розподіл таких пунктів у басейні Дніпра рівномірний.

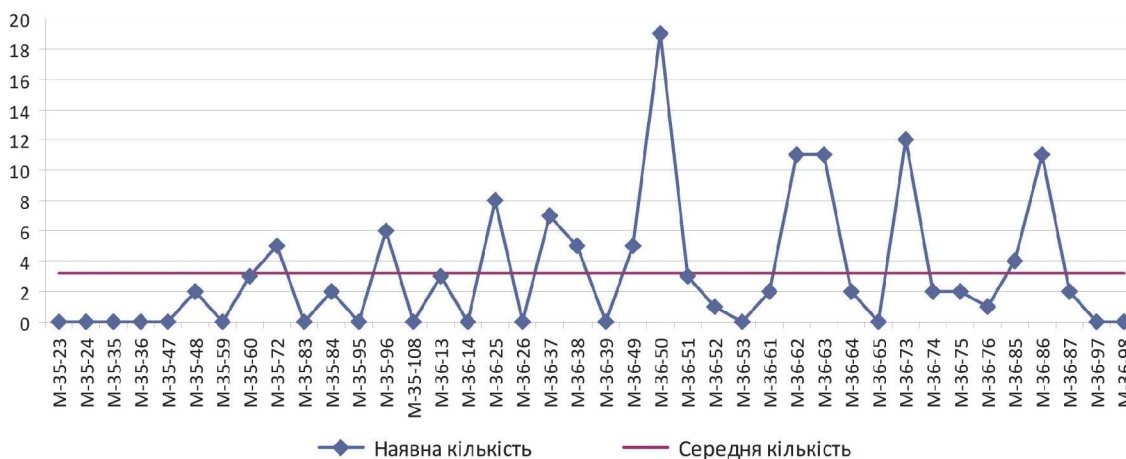
Оскільки поверхневі води – важливий компонент природного комплексу, доцільно дослідити забезпеченість пунктами моніторингу кожного фізико-географічного району Київської області.

Перевірку показника рівномірності розташування таких пунктів у кожній природно-географічній одиниці області здійснено в кілька етапів.

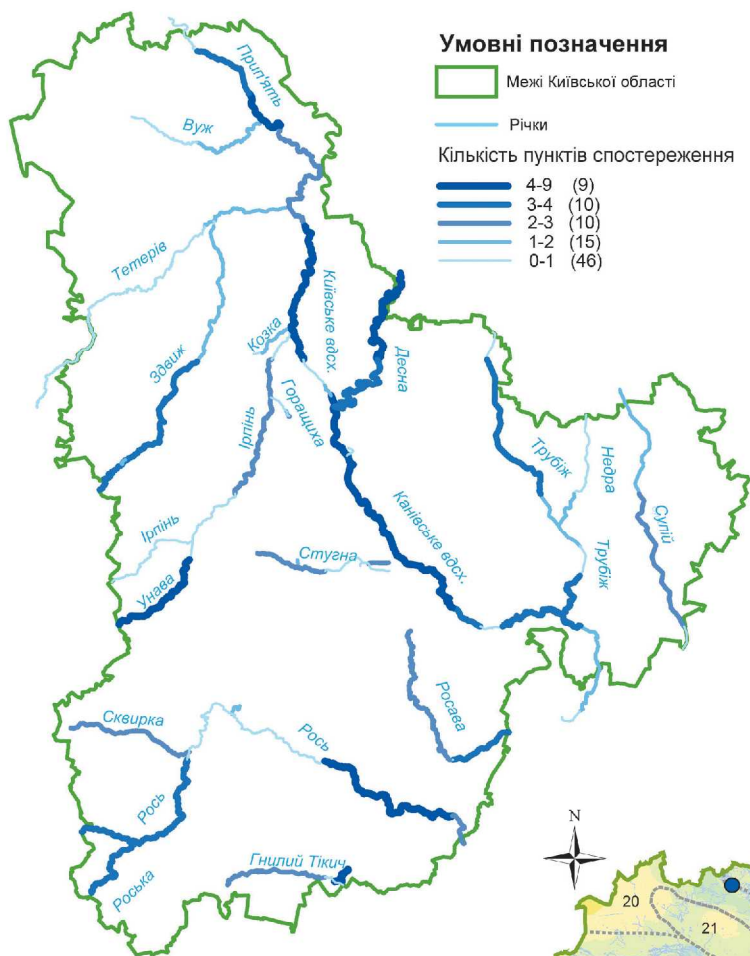
На підготовчому етапі було виділено територію області на карті "Фізико-географічне районування" з Національного атласу України, отримано растр, прив'язаний до середовища ArcGIS і векторизований. Так було отримано дані про фізико-географічні області й райони, на які поділяється досліджувана територія.

Територія Київської області лежить у межах п'яти фізико-географічних областей: Київське Полісся, Чернігівське Полісся, Північно-Східна Придніпровська височинна, Київська височинна, Північно-Дніпровська терасова низовинна (табл. 5).

Геокодування об'єктів мережі спостереження за поверхневими водами різних суб'єктів моніторингу



Мал. 2. Кількість пунктів спостереження по трапеціях



Мал. 3. Розподіл пунктів спостереження за поверхневими водами на річках Київської області

здійснено за табличними наборами координат у текстовому вигляді – координати X та Y, за якими встановлювалося положення точкових об'єктів із заданими атрибутами.

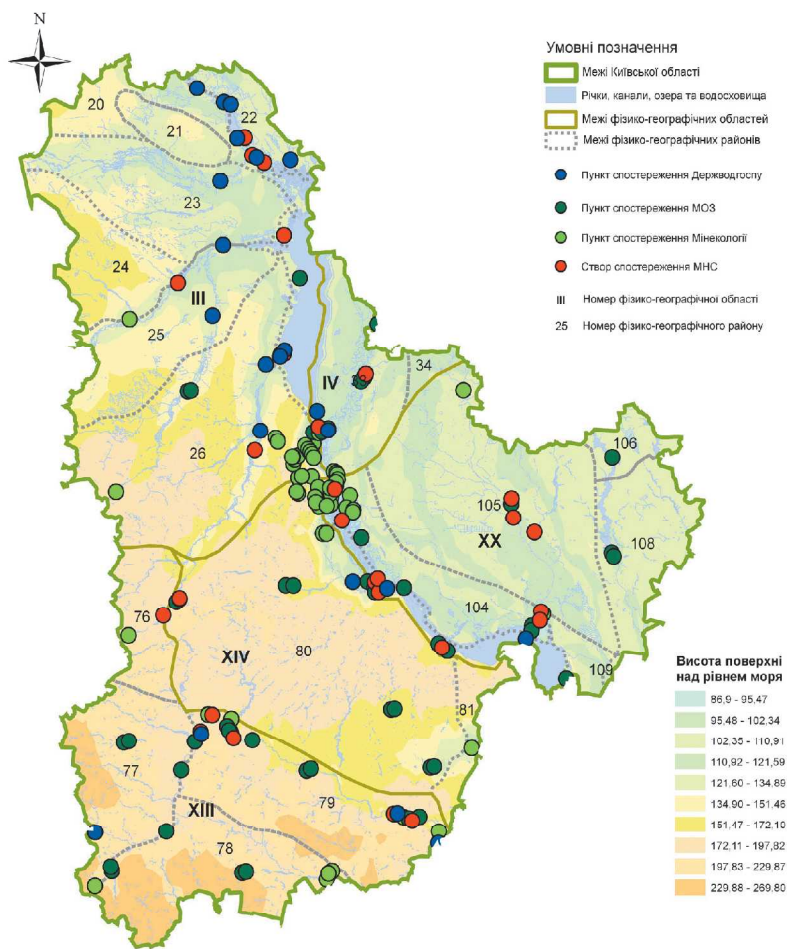
Для визначення взаємного розташування пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод (точкові об'єкти) у фізико-географічних областях і районах (полігональні об'єкти) було застосовано такий тип векторних накладань, як точки на полігон [13].

На мал. 4 показано тематичні шари, один з яких містить точки, що вказують на місцезнаходження пунктів, а другий – полігони, що відповідають фізико-географічній області/району. В результаті накладання цих двох шарів утворився новий, на якому видно, в якій фізико-географічній області/районі лежить той чи інший пункт. Цю інформацію подано у вигляді цифрової карти (мал. 4) з додатковими атрибутами, які описують фізико-географічні області й райони.

Результати оверлейного аналізу пода-

но в табл. 5. Як видно з цієї таблиці, пункти мережі моніторингу поверхневих вод є у кожній фізико-географічній області і майже в кожному фізико-географічному районі (за винятком Чистоголівсько-Корогодського, Народицько-Іванківського, Козелецько-Куликівського і Золотонісько-Чорнобаївського). Найкраще забезпечені такими пунктами ті фізико-географічні райони, через які протікають великі річки (Дніпро, Прип'ять, Десна, Рось) і де проживає значна кількість населення – це міста Київ і Біла Церква. Зважаючи на зазначене вище, можна говорити про достатність пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод для покриття спостереження території Київської області.

**Висновки з даного дослідження.** Методи перевірки статистичних гіпотез та методи геоінформаційного аналізу і моделювання є ефективними засобами оцінювання просторового розподілу пунктів моніторингу поверхневих вод на досліджуваній території.



Мал. 4. Розташування об'єктів моніторингу поверхневих вод у розрізі фізико-географічних одиниць Київської області



Таблиця 5. Розташування пунктів моніторингу поверхневих вод у фізико-географічних районах Київської області

Фізико-географічний район та його номер на карті	Зона спостереження		Загальна кількість пунктів у районі
	Весь водозбір у межах району	Водозбір з частини району	
<b>Область Київського Полісся (III)</b>			
Руднянсько-Вільчанський (20)	–	Прип'ять, Глиниця	5
Чистоголівсько-Корогодський (21)	–	–	0
Нижньопріп'ятський (22)	–	Прип'ять	4
Нижньоузкий (23)	–	Вуж	1
Народицько-Іванківський (24)	–	Тетерів	0
Нижньотетерівський (25)	Тетерів	Здвиж	4
Здвизько-Ірпінський (26)	–	Ірпінь, Здвиж	25
<b>Область Чернігівського Полісся (IV)</b>			
Дніпровсько-Нижньодеснянський (33)	Десна	–	14
Козелецько-Куликівський (34)	–	–	0
<b>Північно-Східна Придніпровська височинна область (XIII)</b>			
Попільнянсько-Фастівський (76)	–	Ірпінь, Унава	2
Ружинсько-Сквирський (77)	–	Рось	6
Ставищенсько-Жашківський (78)	–	Рось	8
Білоцерківсько-Богуславський (79)	–	Рось	23
<b>Київська височинна область (XIV)</b>			
Васильківсько-Кагарлицький (80)	Стугна	Унава, Рось	18
Букринсько-Канівський (81)	–	–	1
<b>Північнопридніпровська терасова низовинна область (XX)</b>			
Процівсько-Ліпльавський (104)	–	Дніпро, Трубіж	23
Бориспільсько-Баришівський (105)	–	Трубіж	5
Носівсько-Линовицький (106)	–	–	1
Яготинсько-Гребінківський (108)	Супій	–	2
Золотонісько-Чорнобаївський (109)	–	–	0
<b>Київське водосховище (Поліський край)</b>			
	–	Дніпро	6
<b>Канівське водосховище (Лівобережно-Придніпровський край)</b>			
	–	Дніпро	11

Застосування цих методів оцінювання імовірності розподілу та аналіз квадратів показали, що в просторовому відношенні пункти спостереження на досліджуваних річках розподілені нерівномірно, за винятком річки Тетерева з притоками. Однак дані методи недосконалі через те що: 1) в межах різних трапецій протікають річки різної довжини; 2) в межах однієї трапеції може бути кілька річок. Виходячи з цього, рівномірність розподілу пунктів спостереження за поверхневими водами було оцінено за допомогою коефіцієнта кореляції, який дав змогу виявити залежність між довжиною всіх річок та кількістю пунктів на них. Було виявлено, що великі річки Київської області та їхні притоки достатньо забезпечені пунктами спостереження за поверхневими водами. Загалом розподіл пунктів у мережі моніторингу поверхневих вод у басейні Дніпра в межах області рівномірний. Проте недостатньо охоплені моніторингом малі річки, які формують значну частку стоку води і наносів.

Оверлейний аналіз розташування пунктів спостереження за поверхневими водами у фізико-географічних областях і районах показав, що такі пункти є майже повсюдно. Виняток становлять лише Чистоголівсько-Корогодський, Народицько-Іванківський, Козелецько-Куликівський і Золотонісько-Чорнобаївський фізико-географічні райони.

Дане дослідження було виконане без розмежування пунктів за суб'єктами моніторингу і за параметрами функціонування водних об'єктів. Перевірку просторового розподілу пунктів у розрізі всіх

суб'єктів, які здійснюють моніторинг поверхневих вод, і ступінь охоплення моніторингом гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних параметрів водних об'єктів можна проаналізувати аналогічним чином, використовуючи для цього статистичні методи та геоінформаційний аналіз просторових розподілів.

Метод аналізу квадратів стосовно лінійних об'єктів та оверлейний аналіз, на нашу думку, можуть застосовуватися при дослідженні інших компонентів природних комплексів і бути основними при вивченні інших складових загальнодержавної системи моніторингу навколишнього природного середовища.

#### Література

1. *Водний кодекс України* [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 24, ст. 189.
2. *Географічна енциклопедія України: в 3 т.* / Ред. кол. – О.М. Маринич (відповід. ред.) та ін. – К.: Укр. рад. енцикл. ім. М. П. Бажана, 1989-1993. – Т. 2. – 1990. – 480 с.
3. *Гмурман, В.Е.* Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пос. для студ. вузов [Текст] / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 404 с.
4. *ДеМерс, М.* Географические информационные системы. Основы [Текст]; пер. с англ. / М. ДеМерс. – М.: Дата+, 1999. – 490 с.
5. *Екологічний моніторинг регіону: експертна оцінка стану і функціонування* [Текст]: за ред. І. Ковальчука / І. Ковальчук, П. Волошин, А. Михнович [та ін.]. – Л.: ГО "Опілля", 2009. – 608 с.



6. *Електронна* версія Національного атласу України. – ТОВ "Інтелектуальні Системи ГЕО".

7. *Звіт* про науково-дослідну роботу "Картографо-інформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів, територій та об'єктів системи моніторингу" [Текст] / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко [та ін.]. – К.: НДІГК, 2009. – 139 с.

8. *Карпінський, Ю.О.* Концептуальні засади створення системи державного топографічного моніторингу місцевості [Текст] / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Т.М. Квартич // Вісн. геод. та картогр. – 2011. – № 3. – С. 27-31.

9. *Красовський, Г.Я.* Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст [Текст] / Г.Я. Красовський, В.А. Петросов. – К.: Наук. думка, 2003. – 200 с.

10. *Красовський, Г.Я.* Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій [Текст] / Г.Я. Красовський. – К.: Інтертехнологія, 2008. – 480 с.

11. *Лазоренко, Н.Ю.* Онтологічні аспекти геоінформаційного забезпечення моніторингу природних комплексів [Текст] / Н. Ю. Лазоренко // Вісн. геод. та картогр. – 2011. – № 1. – С. 43-49.

12. *Мокін В.Б.* Математичні та геоінформаційні моделі для моніторингу річкових вод та управління процесами їх очищення: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 01.05.02 / Мокін Віталій Борисович; НАН України, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К., 2006. – 35 с.

13. *Чандра, А.М.* Дистанционное зондирование и географические системы [Текст] / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.

#### Інтернет-джерела

14. <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=829>

15. [http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=g\\_kyev&f=network](http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=g_kyev&f=network)

Надійшла 15. 10. 12