

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ СИНХРОННОСТІ БАГАТОРІЧНОГО ПРИРОДНОГО РЕЖИМУ РІВНІВ ҐРУНТОВИХ ВОД ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ДОВГОСТРОКОВИХ ПРОГНОЗІВ (НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

© Л.І. Давибіда, Е.Д. Кузьменко, 2011

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Given in the article is an estimation of the regional long-term homogeneous drive of subsoil water level on the territory of Dnepropetrovsk region. The estimation was made with the help of complex analysis of time series of observations for representative hydrogeological points. The observant wells were grouped according to synchronous long-term vibrations of the water levels. Within the research region we singled out some territories with the homogeneous long-term drive of the subsoil water levels.

**Keywords:** subsoil water, hydrogeological zoning, statistical analysis, homogeneity of the water drive.

Зростання значення підземних вод у водопостачанні України у зв'язку з переважанням у структурі питно-господарського водопостачання незахищених поверхневих вод (до 80 %), а також участь підземних вод у розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів, зокрема підтоплення, зсувів, карсту, селів, зумовлюють необхідність постійного моніторингу і вивчення закономірностей природного й техногенного рівнів розвитку підземної гідросфери, прогнозування її можливих змін. Для вирішення завдань просторово-часового гідрогеологічного прогнозування важливе практичне і теоретичне значення мають дослідження просторово-часової структури синхронності режиму рівнів підземних вод. Установлення районів, у межах яких слід очікувати однозначних змін рівнів підземних вод, є територіальною основою складання прогнозів, яка дає змогу поширювати результати, отримані для локальних ділянок, прилеглих до окремих гідрогеологічних свердловин, на довколишні території.

У гідрогеології синхронність режиму підземних вод визначають як збіг у часі меж серій років із однозначним відхиленням рівня підземних вод від його середньої багаторічної величини (норми) і близьку відповідність коливань рівнів води в межах цих серій. Таким чином, синхронним (однорідним) можна вважати режим підземних вод для ділянок, де спостерігається подібність сезонних і багаторічних коливань рівня [1].

Питання оцінки однорідності сезонного рівневого режиму досить широко розглянуті в працях [1–4] у зв'язку з обґрунтуванням принципів районування і складанням класифікаційних схем режиму підземних вод. Для поширення на довколишні території результатів часових довгострокових (до 10–15 років) прогнозів, крім вивчення синхронності внутрішньорічного режиму, необхідно

встановити закономірності багаторічних змін підземних вод, а отже, й однорідності багаторічного режиму підземних вод. Розв'язання цієї проблеми було започатковано Н.С. Токаревим [5] і Н.Ф. Дементьевим [6] і здобуло подальший розвиток у працях А.А. Коноплянцева, С.М. Семенова і В.С. Ковалевського [1, 7]. Аналіз результатів, наведених у роботах вищезгаданих авторів, засвідчує необхідність подальшого розвитку і деталізації подібних досліджень.

Питання гідрогеологічного районування території України у свій час вирішували Б.Л. Лічков, В.І. Лучицький, К.І. Маков, О.К. Ланге, Н.І. Толстихін, А.Є. Бабінець, Ф.А. Руденко, М.І. Дробноход, В.М. Шестопапов, С.А. Рубан, А.В. Лушик, Г.В. Лисиченко та інші дослідники, враховуючи різноманітні природні та штучні чинники [8–11]. Існуючі схеми районування території України побудовані за принципом структурної однорідності гідрогеологічних районів або ж за принципом фізичної аналогії й спрямованості досліджуваних гідрогеофільтраційних процесів. Відзначимо, що гідрогеологічного районування території України відповідно до гідродинамічної подібності багаторічних коливань рівня підземних вод на сьогодні не існує. Тому актуальними залишаються проблеми дослідження закономірностей змін у часі та просторі режимоутворювальних чинників, насамперед кліматичних (гідрометеорологічних), та аналізу однорідності просторово-часової мінливості елементів гідрогеологічного режиму.

Метою дослідження є оцінка синхронності багаторічного режиму ґрунтових вод (верхньої частини підземної гідросфери, яка найбільш тісно пов'язана із зовнішніми поверхневими чинниками формування, живлення та розвантаження підземних вод і є найвразливішою за умов впливу техногенних чинників у межах окремого регіо-

ну [9]) на прикладі території адміністративної Дніпропетровської області. Встановлення меж ділянок з однорідним багаторічним режимом є територіальною основою для довгострокових прогнозів мінливості положень рівня і вважається необхідним етапом розробки геоінформаційної системи просторово-часового гідрогеологічного прогнозування структури рівневого поля ґрунтових вод для території України.

Досліджувана Дніпропетровська область розташована в степовій зоні і характеризується одним із найвищих в Україні рівнем техногенного навантаження на довкілля. Ландшафт переважно рівнинний з абсолютними висотами 100–200 м. Територія розчленована глибокими долинами річок, балками та ярами. За умовами формування водообміну у верхньому гідрогеологічному поверсі досліджуваній регіон належить до гідрогеологічної провінції р. Дніпро (район I рівня), у межах якої виділяють гідрогеологічні округи (райони II рівня), що являють собою водообмінні басейни основних приток (Мокрої Сури, Базавлука, Інгульця, Орлі, Самари та інших) [9]. Відповідно до геоструктурних особливостей і гідрогеологічної специфіки територія Дніпропетровської області належить до Донецького, Українського і Причорноморського гідрогеологічних басейнів. В їх межах за умовами формування режиму ґрунтових вод виділяють Східнопридніпровський, Гуляйпільський, Бузько-Дніпровський, Орільсько-Самарський і Західнодонецький гідрогеологічні райони [10]. Ґрунтові води залягають здебільшо-

го у відкладах четвертинного віку. Клімат області помірно континентальний, посушливий, випаровування значно перевищує річну кількість опадів (до 30–40 %). Територія розташована в зоні нестійкого зволоження і переважно сезонного та цілорічного живлення ґрунтових вод. Баланс останніх часто порушений через вплив господарської діяльності та збільшення живлення внаслідок зниження природного дренажу території [12]. Тому для території Дніпропетровської області з року в рік є характерними стійкі тенденції до розвитку процесів підтоплення.

Літературні і картографічні джерела [11, 13, 14] свідчать, що досліджувана територія Дніпропетровської області належить до кількох кліматичних зон, які дещо відрізняються за розподілом температур, кількістю опадів, переважними напрямками вітру тощо. Для дослідження синхронності територіальної мінливості метеопараметрів проведено однофакторний дисперсійний аналіз, який дає змогу порівнювати ряди даних як за їх середнім значенням, так і за дисперсією [15]. Результати виконаного аналізу (табл. 1, 2) вказують на наявність на території дослідження двох однорідних за багаторічною мінливістю значень метеопараметрів кліматичних зон – більш теплої і сухої південно-західної з репрезентативними метеопостами Кривий Ріг і Комісарівка та північно-східної з дещо нижчими значеннями середньорічних температур та більшою кількістю опадів, які спостерігаються метеопостами Дніпропетровськ, Павлоград, Чаплине, Губініха.

**Таблиця 1. Результати однофакторного дисперсійного аналізу річної кількості опадів по групах метеопостів Дніпропетровської області**

Метеопост	Кількість спостережень	Сума, мм	Середнє, мм	Дисперсія, мм <sup>2</sup>	Значення критерію Фішера	
					розраховане	критичне
Губініха	42	23 424	557,7143	13 306,1603	2,617 692	2,663 714 53
Дніпропетровськ	31	15 934	514	10 495,8		
Павлоград	42	21 177,83	504,2341	10 746,8226		
Чаплине	42	23 487	559,2143	15 651,2944		
Комісарівка	42	21 532	512,6667	11 018,4228	3,717 702	3,973 896 88
Кривий Ріг	32	14 877	464,9063	11 309,378		

**Таблиця 2. Результати однофакторного дисперсійного аналізу середньорічних температур по групах метеопостів Дніпропетровської області**

Метеопост	Кількість спостережень	Сума, °C	Середнє, °C	Дисперсія, (°C) <sup>2</sup>	Значення критерію Фішера	
					розраховане	критичне
Губініха	42	354,0512	8,429 791	0,955 749 49	1,126 357	2,663 714 53
Дніпропетровськ	31	263,0803	8,486 461	0,973 804 17		
Павлоград	42	369,0114	8,785 985	0,785 008 46		
Чаплине	42	359,5871	8,561 598	0,864 059 79		
Комісарівка	42	358,6615	8,539 56	1,111 105 73	0,444 389	3,970 229 46
Кривий Ріг	34	295,7863	8,699 598	1,047 907		

Синхронність багаторічного режиму підземних вод незначною мірою залежить від геолого-гідрогеологічних чинників і пов'язана передусім з метеорологічними чинниками [1]. Однорідність змін метеопараметрів у межах окремої території певним чином зумовлює синхронність коливань рівнів підземних вод цієї ділянки, що обов'язково слід враховувати під час гідрогеологічного районування територій і складання просторово-часових прогнозів ґрунтових вод.

Для аналізу однорідності багаторічного режиму рівнів ґрунтових вод території Дніпропетровської області були відібрані спостережні свердловини, для яких багаторічна мінливість положення рівня ґрунтових вод відповідає критеріям природного режиму [10, 16], а також свердловини, що пробурені у слабопорушених та порушених умовах формування режиму, для яких природний багаторічний хід мінливості положення рівнів було відновлено в результаті аналізу часових рядів і видалення техногенно зумовлених лінійних тенденцій (рис. 1).

Достовірність результатів статистичного територіального аналізу прямо залежить від рівномірності і щільності розподілу точок спостережень.

Чітких загальноприйнятих критеріїв щодо щільності розташування спостережних гідрогеологічних пунктів не існує. У різних країнах прийняті різні вимоги щодо щільності й розташування спостережної мережі залежно від складності гідрогеологічних умов території та детальності поставленого завдання [17]. У праці [1] для виділення районів із синхронним режимом рівнів ґрунтових

вод у межах європейської території СРСР було використано 430 спостережних пунктів із щільністю розміщення близько 1 пункт на 13 тис. км<sup>2</sup> (умовний крок у межах квадрата 115×115 км). Основними критеріями відбору репрезентативних точок були достатня тривалість (не менше 20–25 років) і можливість зіставлення періодів спостережень, а також розміщення пунктів із максимально повним урахуванням природних умов і перспектив господарського освоєння окремих ділянок території дослідження. У результаті була побудована схематична карта районів із однорідним багаторічним режимом рівнів масштабу 1 : 15 000 000. Автори пояснюють необхідність дрібномасштабного картування територій на початкових етапах дослідження однорідності режиму тим, що синхронність багаторічної мінливості рівнів першочергово визначається синоптико-кліматичними причинами, зокрема розташуванням досліджуваного району в системі загальної циркуляції атмосфери. Регіональний характер атмосферних процесів, природно, є причиною значного просторового поширення однорідності багаторічного режиму ґрунтових вод. Крім кліматичних (гідрометеорологічних) чинників, які зумовлюють однорідність режиму, автори відзначають також наявність певного впливу умов формування режиму, насамперед тих, що спричиняють інерційність у змінах рівня (дренування горизонту, внутрішніх меж пласта тощо).

У цьому дослідженні як репрезентативні відібрано 12 пунктів із достатньо тривалими періодами безперервних спостережень (табл. 3).

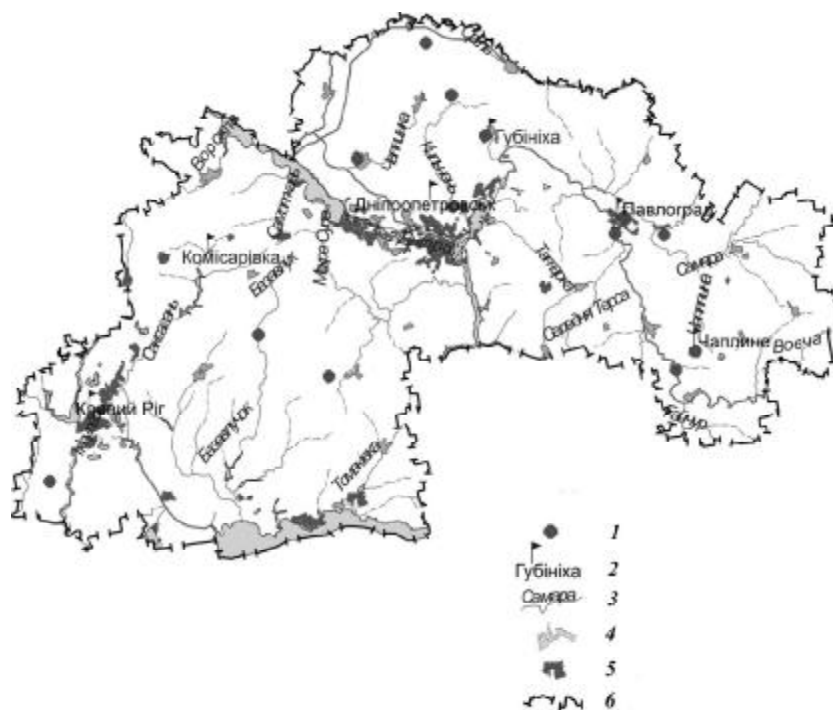


Рис. 1. Схема розташування спостережних свердловин і метеопостів території дослідження: 1 – спостережна свердловина; 2 – метеопост; 3 – річки і водотоки; 4 – водосховища; 5 – населені пункти; 6 – межа адміністративного регіону

Таблиця 3. Основні характеристики пунктів моніторингу природного режиму ґрунтових вод території Дніпропетровської області

Номер пункту	Глибина свердловини, м	Тривалість спостережень, роки	Гідрогеологічний басейн	Розташування пункту	Водоносний горизонт	Літологія водовмісних порід	Вид режиму
242 000 015	13,5	40	Донецький	2-га тераса р. Оріль	AQ <sub>3</sub>	Пісок	Терасовий
242 008 525	7,8	29	”	3-тя тераса р. Оріль	AQ <sub>2</sub>	Суглинок	”
242 004 347	16,5	30	”	Вододіл Самари й Орїлі	VDQ <sub>3</sub>	”	Межирічний
242 008 775	8,8	32	”	Те саме	VDQ <sub>3</sub>	”	”
242 004 329	10,4	34	”	Заплава р. Самара	AQ <sub>4</sub>	Пісок	Прирічний
242 001 482	21,4	53	”	1-ша тераса р. Самара	AQ <sub>3</sub>	”	Терасовий
242 007 048	18,2	43	”	Те саме	AQ <sub>3</sub>	”	”
246 033 719	11	28	Причорноморський	Рівнина між річками Інгулець і Вербова	EDQ <sub>2-3</sub>	Суглинок	Межирічний
242 004 355	10,5	34	Український	Вододіл Самари і Вовчої	VDQ <sub>3</sub>	”	”
242 002 926	15,6	37	”	1 тераса р. Самара	AQ <sub>3</sub>	Пісок	Терасовий
242 004 360	6,9	35	”	Вододіл Мокрої Сури і Базавлука	VDQ <sub>3</sub>	Суглинок	Межирічний
242 004 353	9,2	24	”	Заплава р. Базавлук	AQ <sub>4</sub>	”	”

Рівні ґрунтових вод досліджуваних свердловин виражено у середньорічних глибинах до води. Щільність спостережної мережі – приблизно 1 пункт на 2500 км<sup>2</sup>, або 50×50 км, що перевищує щільність опорної мережі свердловин європейської території СРСР учетверо і дає змогу суттєво підвищити вірогідність прогнозів у межах України.

Відзначимо, що у зв'язку із підпірним впливом водосховищ і ділянок зарегульованості поверхневого стоку, а також дренального ефекту водозаборів досліджуваної території природний режим характерний здебільшого для ґрунтових вод вододілів і високих терас. Тому відібрані пункти, як правило, характеризують терасовий чи межирічний тип режиму. За регіонального масштабу вивчення синхронності режиму однорідність гідрогеологічних умов для репрезентативних спостережних пунктів є доцільною, оскільки дає змогу оцінити загальні геоінформаційні характеристики багаторічної мінливості рівнів ґрунтових вод території. Детальніші дослідження

дадуть змогу встановити межі території з азональним режимом.

Перевірку рівномірності розподілу спостережних точок на досліджуваній території здійснено за допомогою методу найближчої суміжності: розрахунковим критерієм є *R*-статистика, яка набуває значення в інтервалі від 0 до 2,15. Якщо всі точки спостережень зведені в одну точку (ідеальна гіпотетична групова схема), *R*-статистика дорівнює нулю, якщо схема розподілу точок спостережень є випадковою, – одиниці, за регулярного розподілу точок спостережень – дорівнює 2,15 [18]. Для визначення схеми розподілу точок спостережень за допомогою методу найближчої суміжності в роботі [18] запропоновано застосувати таку шкалу: 0,00 < *R* ← 0,50 – групова схема; 0,50 < *R* ← 1,50 – випадкова; 1,50 < *R* ← 2,15 – регулярна схема.

За аналізом розподілу 12 репрезентативних пунктів гідрогеологічних спостережень на території дослідження встановлена відповідність їх

розподілу випадковій схемі розташування ( $R = 0,952$ ), що забезпечує рівномірність і незалежність випробувань і дає змогу обґрунтовано застосовувати статистичні моделі випадкових величин для дослідження просторово-часової мінливості режиму рівнів підземних вод території Дніпропетровської області.

Глибина залягання рівня ґрунтових вод і літологічний склад водовмісних порід не виявляють значного впливу на однорідність природного багаторічного режиму [1]. Це значно спрощує дослідження просторово-часової синхронності, оскільки є можливість використовувати для аналізу практично всі свердловини з довгими рядами спостережень.

Основною метою районування є поділ території на ділянки, у межах яких подібність у коливаннях рівня підземних вод у свердловинах досягає ступеня, згідно з яким за даними свердловини-аналогу можна уявити зміни рівня для будь-якого пункту цієї ділянки.

Для об'єктивного аналізу багаторічних змін рівня підземних вод і встановлення територіальної однорідності А.А. Коноплянцев [1] запропонував кількісну методику оцінки, яку, на нашу думку, доцільно застосовувати під час гідрогеологічного районування, прогнозування та виявлення територіальних закономірностей режиму підземних вод. Характеристикою синхронності змін рівня підземних вод є коефіцієнт кореляції між фазооднорідними рівнями підземних вод у свердловинах, які розташовані на різних відстанях одна від одної. Критичну величину коефіцієнта кореляції, за якою можна вважати режим підземних вод порівнюваних пунктів однорідним, визначають залежно від тривалості сумісних спостережень. Згідно з правилами математичної ста-

тистики, кореляційний зв'язок між окремими явищами вважають установленим, якщо коефіцієнт кореляції  $r$  утричі-вчетверо більший від його середньої квадратичної похибки:

$$\sigma = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість взаємних зіставлень (прийнятих для розрахунку років спостережень).

Для встановлення ймовірності того, що коефіцієнт кореляції не випадковий, у математичній статистиці використовують метод Р.А. Фішера. Ймовірність випадковості  $P$ , що дорівнює 1 %, практично дуже мала. Така ймовірність для рядів спостережень тривалістю 20–25 років існує, якщо

$$z = 1,15 \lg \frac{1+r}{1-r} \sqrt{n-3} \geq 2,5, \quad (2)$$

де  $z$  – критерій Фішера;  $n$  – кількість членів сукупності.

Ця методика була застосована для оцінки територіальної однорідності природного режиму ґрунтових вод Дніпропетровської області. Для досліджуваних пунктів спостережень проведений парний кореляційний аналіз, розраховані відношення коефіцієнтів кореляції до їх відповідних середньоквадратичних похибок  $r/\sigma$  і відповідні критерії значущості коефіцієнтів кореляції Фішера, що дало змогу встановити наявність суттєвого зв'язку для відповідних свердловин (табл. 4).

За отриманими результатами і аналізом розташування спостережних пунктів на території дослідження виділено групи свердловин, близьких за багаторічною мінливістю рівнів, і намічено межі ділянок з умовно однорідним багаторічним

**Таблиця 4. Матриця парних коефіцієнтів кореляції між середньорічними положеннями рівня води у спостережних свердловинах Дніпропетровської області**

№ П/П	Номер спостережної свердловини	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	242 004 360	1,00	<b>0,58</b>	<b>0,61</b>	0,45	<b>0,61</b>	0,47	0,45	<b>0,90</b>	0,33	0,03	0,02	0,30
2	242 004 353	<b>0,58</b>	1,00	0,27	0,29	<b>0,74</b>	0,20	<b>0,59</b>	<b>0,51</b>	0,34	0,33	0,35	0,29
3	246 033 719	<b>0,61</b>	0,27	1,00	0,46	0,34	0,22	<b>0,52</b>	<b>0,64</b>	<b>0,66</b>	0,30	0,26	0,41
4	242 000 015	0,45	0,29	0,46	1,00	<b>0,66</b>	0,46	0,31	0,38	0,46	0,30	<b>0,67</b>	<b>0,84</b>
5	242 008 525	<b>0,61</b>	<b>0,74</b>	0,34	<b>0,66</b>	1,00	<b>0,60</b>	0,39	<b>0,53</b>	0,17	0,17	<b>0,51</b>	0,50
6	242 008 775	0,47	0,20	0,22	0,46	0,60	1,00	0,03	<b>0,58</b>	-0,10	-0,24	0,09	0,17
7	242 004 329	0,45	<b>0,59</b>	<b>0,52</b>	0,31	0,39	0,03	1,00	0,35	<b>0,60</b>	<b>0,65</b>	<b>0,53</b>	0,46
8	242 004 347	<b>0,90</b>	<b>0,51</b>	<b>0,64</b>	0,38	<b>0,53</b>	<b>0,58</b>	0,35	1,00	0,25	-0,12	-0,07	0,17
9	242 001 482	0,33	0,34	<b>0,66</b>	0,46	0,17	-0,10	<b>0,60</b>	0,25	1,00	<b>0,68</b>	0,38	<b>0,64</b>
10	242 007 048	0,03	0,33	0,30	0,30	0,17	-0,24	<b>0,65</b>	-0,12	<b>0,68</b>	1,00	<b>0,63</b>	<b>0,62</b>
11	242 004 355	0,02	0,35	0,26	<b>0,67</b>	<b>0,51</b>	0,09	<b>0,53</b>	-0,07	0,38	<b>0,63</b>	1,00	<b>0,70</b>
12	242 002 926	0,30	0,29	0,41	<b>0,84</b>	0,50	0,17	0,46	0,17	<b>0,64</b>	<b>0,62</b>	<b>0,70</b>	1,00

*Примітка:* жирним шрифтом виділені суттєві значення коефіцієнтів кореляції (відповідно до критерію значущості Фішера за рівня довіри 0,99).

режимом, де слід очікувати синхронності в коливаннях рівня ґрунтових вод. У результаті парного кореляційного аналізу встановлено подібність багаторічних коливань рівня ґрунтових вод для груп свердловин, взаємне розташування яких дає змогу припустити існування певних районів, однорідних за багаторічним режимом рівнів:

- 1) 242 004 360 і 246 033 719;
- 2) 242 004 353;
- 3) 242 000 015 і 242 008 525;
- 4) 242 008 775 і 242 004 347;
- 5) 242 004 329, 242 007 048 і 242 001 482;
- 6) 242 004 355 і 242 002 926.

Розташування виділених груп свердловин узгоджується з кліматичною зональністю та основними формами рельєфу досліджуваної території. Тісний зв'язок багаторічних коливань положення рівнів спостерігається для гідрогеологічних пунктів із різними глибинами залягання рівня ґрунтових вод і типами водовмісних порід.

Аналіз кореляційної матриці засвідчує відсутність статистично значущих коефіцієнтів із від'ємним знаком, а отже, й відсутність асинхронності у багаторічних коливаннях рівнів. Цей факт, а також те, що для окремих свердловин, які віднесено до різних груп відповідності до їх взаємного розташування, спостерігається наявність досить тісного зв'язку, формально підтверджують певну подібність умов формування режиму рівнів ґрунтових вод і однотипність часової мінливості метеорологічних умов досліджуваної території.

Проведений кореляційний аналіз дав змогу виділити групи свердловин, для яких подібність коливань рівня ґрунтових вод достатня для отримання достовірного уявлення про мінливість рівня для будь-якого спостережного пункту за свердловиною-аналогом з найдовшим рядом спостережень. З урахуванням викладеного досліджувані ряди середньорічних рівнів, які містили певні пропуски спостережень, були відновлені і приведені до одного періоду спостережень 1969–2008 рр. (рис. 2) по рядах спостережень свердло-

вин-аналогів із використанням регресійного методу [1]. Це дало змогу виконати додатково статистичний аналіз часових рядів для подальшого встановлення загальних часових закономірностей гідрогеологічного режиму по окремих ділянках території.

З огляду на багатофакторність формування, багаторічний режим рівнів ґрунтових вод можна розглядати як випадковий процес [1, 2]. Основними простими числовими характеристиками випадкового процесу є математичне очікування (середнє значення), дисперсія (розсіювання) та автокореляційна функція (АКФ). З метою оцінки подібності багаторічних коливань положення рівня ґрунтових вод для свердловин території досліджень проведено порівняння основних числових характеристик із використанням загальноприйнятих статистичних критеріїв.

Дисперсія характеризує розсіювання відносно математичного очікування випадкового процесу, тобто її можна розглядати як статистичну оцінку багаторічної мінливості положення рівня відносно його багаторічної норми. Для оцінки суттєвості розходжень у дисперсіях рядів спостережень за рівнями ґрунтових вод використано *F*-критерій Фішера (табл. 5).

Результати аналізу вказують на наявність значної подібності дисперсій для рядів спостережень свердловин території Дніпропетровської області. Як правило, для виділених за допомогою кореляційного аналізу груп свердловин характерна однорідність дисперсій часових рядів.

Порівняння математичного очікування розглянутих рядів проводилось за допомогою *t*-критерію Ст'юдента. Узагальнені результати (табл. 6), свідчать про суттєвість розходження математичного очікування (багаторічної норми глибини залягання рівня) навіть для свердловин, для яких встановлено суттєвість зв'язку багаторічних коливань і однорідність дисперсій. Це, в свою чергу, ще раз підтверджує відсутність істотного впливу глибини залягання рівня на багаторічну синхронність коливань рівнів.

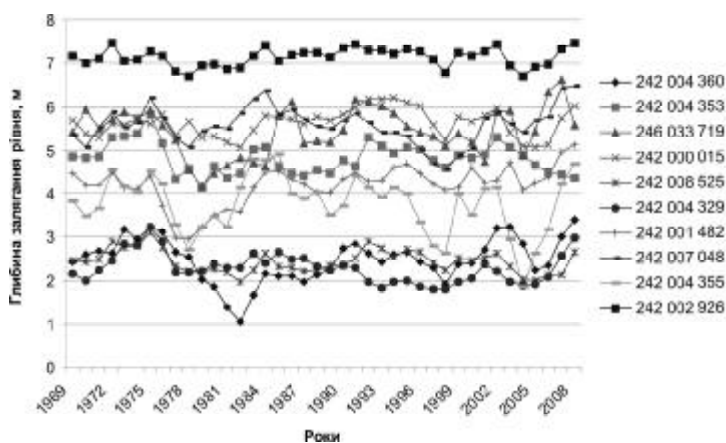


Рис. 2. Ряди спостережень за багаторічними коливаннями ґрунтових вод у спостережних свердловинах

Таблиця 5. Результати порівняльного аналізу дисперсій для часових рядів спостережних свердловин Дніпропетровської області

№ п/п	Номер спостережної свердловини	Фактичні значення $F$ -критерію Фішера											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	242 004 360		<b>0,84</b>	2,04	2,60	3,67	<b>0,4</b>	2,01	2,12	<b>1,21</b>	<b>1,41</b>	<b>0,56</b>	5,89
2	246 033 719	<b>0,84</b>		<b>0,41</b>	3,10	4,38	<b>0,33</b>	<b>1,68</b>	2,53	<b>1,45</b>	<b>1,69</b>	<b>0,67</b>	7,03
3	242 004 353	2,04	<b>0,41</b>		<b>1,27</b>	1,80	<b>0,81</b>	4,11	<b>1,04</b>	<b>0,59</b>	<b>0,69</b>	<b>0,28</b>	2,88
4	242 000 015	2,60	3,10	<b>1,27</b>		<b>1,41</b>	<b>1,03</b>	5,23	<b>0,81</b>	<b>0,47</b>	<b>0,54</b>	<b>0,22</b>	2,27
5	242 008 525	3,67	4,38	1,80	<b>1,41</b>		<b>1,46</b>	7,38	<b>0,58</b>	<b>0,33</b>	<b>0,39</b>	<b>0,15</b>	<b>1,60</b>
6	242 008 775	<b>0,4</b>	<b>0,33</b>	<b>0,81</b>	<b>1,03</b>	<b>1,46</b>		5,05	<b>0,84</b>	<b>0,48</b>	<b>0,56</b>	<b>0,22</b>	2,34
7	242 004 347	2,01	<b>1,68</b>	4,11	5,23	7,38	5,05		4,26	2,43	2,84	<b>1,13</b>	11,8
8	242 004 329	2,12	2,53	<b>1,04</b>	<b>0,81</b>	<b>0,58</b>	<b>0,84</b>	4,26		<b>0,57</b>	<b>0,67</b>	<b>0,27</b>	2,78
9	242 001 482	<b>1,21</b>	<b>1,45</b>	<b>0,59</b>	<b>0,47</b>	<b>0,33</b>	<b>0,48</b>	2,43	<b>0,57</b>		<b>1,17</b>	<b>0,47</b>	4,86
10	242 007 048	<b>1,41</b>	<b>1,69</b>	<b>0,69</b>	<b>0,54</b>	<b>0,39</b>	<b>0,56</b>	2,84	<b>0,67</b>	<b>1,17</b>		<b>0,4</b>	4,16
11	242 004 355	<b>0,56</b>	<b>0,67</b>	<b>0,28</b>	<b>0,22</b>	<b>0,15</b>	<b>0,22</b>	<b>1,13</b>	<b>0,27</b>	<b>0,47</b>	<b>0,4</b>		10,4
12	242 002 926	5,89	7,03	2,88	2,27	<b>1,60</b>	2,34	11,83	2,78	4,86	4,16	10,4	

Примітка: жирним шрифтом виділені значення критерію, абсолютні значення яких не перевищують  $F_{кр} = 1,704$  (за рівня довіри 0,95) і характеризують свердловини з однаковою багаторічною мінливістю глибин залягання рівня.

Таблиця 6. Результати порівняльного аналізу математичного очікування для часових рядів спостережних свердловин Дніпропетровської області

№ п/п	Номер спостережної свердловини	Фактичні значення $t$ -критерію Ст'юдента											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	242 004 360		-36,53	-32,39	-41,89	<b>0,57</b>	23,74	123,85	2,26	-20,22	-32,37	-10,17	-61,35
2	246 033 719			-6,93	-2,44	36,00	-12,21	44,04	31,37	16,99	<b>-1,48</b>	13,99	-21,22
3	242 004 353	-32,39	-6,93		-13,50	66,77	-8,24	46,92	35,39	7,97	-8,97	9,90	-42,81
4	242 000 015	-41,89	-2,44	-13,50		80,68	-25,23	36,46	46,52	21,13	<b>0,72</b>	20,66	-44,96
5	242 008 525	<b>0,57</b>	36,00	66,77	80,68		41,23	71,74	2,71	-24,41	-41,59	-14,40	-137,6
6	242 008 775	23,74	-12,21	-8,24	-25,23	41,23		-52,62	27,15	<b>1,33</b>	-14,02	4,76	-50,61
7	242 004 347	123,85	44,04	46,92	36,46	71,74	-52,62		61,09	47,29	30,00	37,09	21,85
8	242 004 329	2,26	31,37	35,39	46,52	2,71	27,15	61,09		-21,51	-66,09	-17,72	-86,74
9	242 001 482	-20,22	16,99	7,97	21,13	-24,41	<b>1,33</b>	47,29	-21,51		-17,10	4,08	-51,17
10	242 007 048	-32,37	<b>-1,48</b>	-8,97	<b>0,72</b>	-41,59	-14,02	30,00	-66,09	-17,10		21,86	-26,06
11	242 004 355	-10,17	13,99	9,90	20,66	-14,40	4,76	37,09	-17,72	4,08	21,86		-39,25
12	242 002 926	-61,35	-21,22	-42,81	-44,96	-137,68	-50,61	21,85	-86,74	-51,17	-26,06	-39,25	

Примітка: жирним шрифтом виділені значення критерію, абсолютні значення яких не перевищують  $t_{кр} = 1,685$  (за рівня довіри 0,95) і характеризують свердловини з однаковими багаторічними нормами глибини залягання рівня.

Величина АКФ характеризує зв'язок між значеннями рівнів суміжних років і може слугувати ознакою випадковості часового ряду. За даними табл. 7, часові ряди середньорічних рівнів ґрунтових вод досліджуваної території характеризуються досить суттєвими зв'язками між положеннями рівнів суміжних років – коефіцієнти кореляції значно перевищують свої середньоквадратичні похибки, проте їх значення, як правило, зменшується за збільшення величини лага. Проведений аналіз та побудовані графіки АКФ свідчать про відсутність помітної періодичності у часових рядах спостережень за змінами рівня ґрунтових вод для більшості досліджуваних свердловин. Це зумовлено інтерференцією різних за тривалістю і фазами коливань режимоутворювальних чинників, багаторічна мінливість яких, у свою чергу, не є строго періодичною, а також імовірною “зашумленістю” часових рядів, наявністю в них випадкових значень. Указані особливості розгляну-

тих рядів під час вивчення та прогнозування режиму рівнів слід враховувати. Тому в подальших дослідженнях є доцільним проведення аналізу прихованої періодичності у рядах багаторічних коливань положення рівня ґрунтових вод.

За отриманими результатами зроблено висновки щодо суттєвої подібності часових рядів для виділених груп свердловин. Разом з тим спостерігається розходження в основних статистичних характеристиках часових рядів, для яких виявлено суттєвий зв'язок багаторічної мінливості положення рівня ґрунтових вод. Це вказує на залежність багаторічного режиму як від зовнішніх режимоутворювальних чинників, так і від режимоутворювальних умов, що визначають особливості впливу цих чинників на ґрунтові води та індивідуалізують режим окремих ділянок і спостережних пунктів.

Додатково, з метою групування спостережних пунктів, проведено кластерний аналіз, як міру клас-

Таблиця 7. Значення АКФ часових рядів ґрунтових вод Дніпропетровської області

№ п/п	Номер спостережної свердловини	Глибина до води, м	$R_1$	$\sigma_1$	$R_2$	$\sigma_2$	$R_3$	$\sigma_3$
1	242 004 360	2,47	0,751	0,152	0,441	0,150	0,229	0,148
2	246 033 719	5,41	0,603	0,152	0,217	0,150	0,184	0,148
3	242 004 353	4,79	0,603	0,152	0,297	0,150	0,043	0,148
4	242 000 015	5,64	0,616	0,141	0,327	0,140	0,077	0,138
5	242 008 525	2,44	0,632	0,141	0,298	0,140	0,145	0,138
6	242 008 775	4,31	0,533	0,152	0,049	0,150	-0,157	0,148
7	242 004 347	9,58	0,847	0,152	0,612	0,150	0,344	0,148
8	242 004 329	2,28	0,708	0,152	0,398	0,150	0,177	0,148
9	242 001 482	4,23	0,690	0,131	0,392	0,130	0,277	0,129
10	242 007 048	5,56	0,703	0,144	0,367	0,143	0,190	0,141
11	242 004 355	3,76	0,581	0,152	0,104	0,150	-0,140	0,148
12	242 002 926	7,15	0,425	0,152	0,007	0,150	0,028	0,148

терної відстані застосовано значення  $(1 - R_{xy})$ , де  $R_{xy}$  – коефіцієнт кореляції. Об'єднання кластерів здійснено за методом Варда, який ґрунтується на використанні дисперсійного аналізу для оцінки відстаней між кластерами [19]. Аналіз дендрограми (рис. 3) дав змогу виявити наявність двох чітко розділених груп (кластерів) свердловин, які насамперед розрізняються літологічним складом водовмісних порід: 1-й кластер – суглинок; 2-й кластер – пісок. Винятком є свердловина № 242 004 355 із суглинковими водовмісними породами, для якої встановлено значну подібність режиму з пунктами 242 002 926 і 242 000 015, ґрунтові води яких залягають у пісках. Разом з тим виділені кластери частково узгоджуються з групами свердловин, отриманими за допомогою кореляційного аналізу. Свердловини 1-го і 2-го кластерів територіально розташовані відповідно на південному заході і північному сході області (відповідно по праву і ліву сторону від р. Дніпро). Винятками є пункти 242 008 775 і 242 004 347, для яких характерна більша подібність багаторічних коливань рівнів із свердловинами правобережжя порівняно з режи-

мом суміжних територій. За виявленою азональністю можна припустити існування окремого гідрогеологічного району. Мінливість середньорічного положення рівня свердловини 242 004 353, як показують кореляційний та кластерний аналізи, характеризується наявністю зв'язків із свердловинами як правобережжя, так і лівобережжя Дніпра, тому ймовірно припустити існування проміжного району зі спільними рисами режиму.

Встановлення регіональних закономірностей режиму підземних вод передбачає оцінку корелятивних зв'язків між змінами рівнів і режимотворювальних чинників. Розподіл і сила впливу природних чинників підпорядковуються закону природної зональності, що відображається на основних закономірностях режиму [2], які слід враховувати під час гідрогеологічного районування. З огляду на те що сезонний режим ґрунтових вод визначається умовами живлення водоносного горизонту, можна припустити, що і багаторічний режим має обумовлюватись мінливістю умов живлення. За порівняно сталих геолого-геоморфологічних чинників на гідродинамічний режим ґрунто-

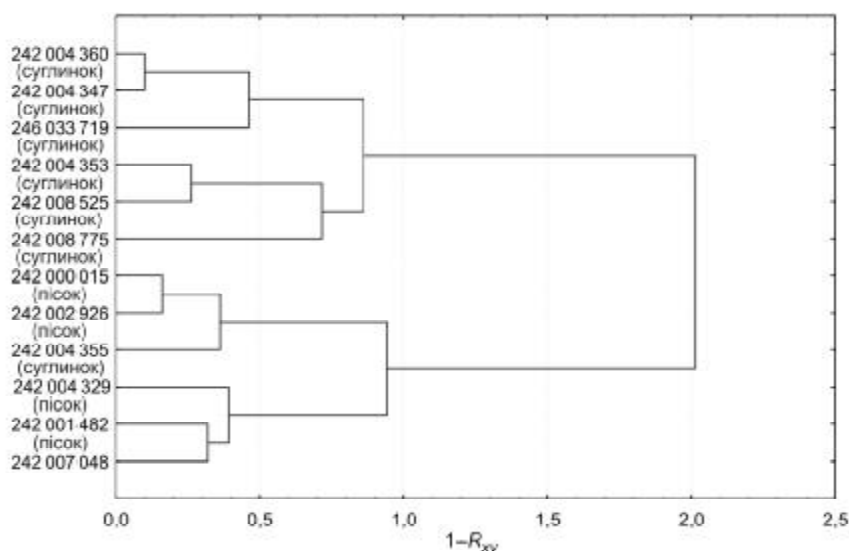


Рис. 3. Дендрограма зв'язків між групами свердловин за результатами кластерного аналізу



вих вод здебільш впливають атмосферні опади і температура повітря [10], які, в свою чергу, певним чином узгоджуються із сонячною активністю. На думку Н.С. Токарева [20], сонячна радіація безпосередньо впливає на будь-яку точку земної поверхні, проте зміни сонячної активності й пов'язані з ними зміни метеоумов, а також петрографічний склад і структура порід, дренажність району та інші чинники зумовлюють різну спрямованість багаторічних коливань рівня ґрунтових вод. Це означає, що в кожній точці земної поверхні на режим ґрунтових вод крім сонячної активності впливають й інші режимоутворювальні чинники, які змінюють та індивідуалізують режим на невеликих ділянках [3].

Для досліджуваної території Дніпропетровської області, з метою оцінки регіонального характеру розподілу тісноти кореляційних зв'язків режиму коливань рівня ґрунтових вод зі сонячною активністю була створена аналітична карта-схема, за якою можна встановити основні закономірності цих зв'язків (рис. 4). Подібна методика запропонована у публікації [21].

Побудована карта-схема свідчить про наявність тенденції до зміни характеру зв'язків коливань рівня ґрунтових вод території із змінами сонячної активності, вираженої в числах Вольфа (від несуттєвих додатних до статистично значущих із від'ємним знаком), із півночі на південь. Групи свердловин, для яких була раніше встановлена синхронність у багаторічних коливаннях рівнів ґрунтових вод, розташовані в межах ділянок, що характеризуються порівняно близькими значеннями тісноти зв'язків режиму коливань рівня зі змінами сонячної активності.

Зіставлення рядів спостережень за багаторічною мінливістю положення рівня ґрунтових вод Дніпропетровської області свідчить не лише про подібність коливань рівня в окремих точках

досліджуваної території, а й наявність для деяких спостережних пунктів зміщеної в часі синхронності. Як відомо [21], посилене живлення підземних вод в одних районах супроводжується його зменшенням у інших. Закономірності цього процесу важливі для обґрунтування одного з можливих варіантів прогнозів режиму підземних вод із використанням часового запізнення проявів цього процесу в одних районах відносно інших і, крім того, для вивчення закономірностей формування підземних вод.

З метою виявлення синхронного часового зміщення у мінливості положень рівня для репрезентативних пунктів спостережень території Дніпропетровської області були розраховані функції взаємної кореляції. Узагальнені результати розрахунків наведені в табл. 8.

Зональність теплового режиму атмосфери і літосфери, мінливість кількості опадів та випаровування зумовлюють неоднакові терміни й об'єми живлення ґрунтових вод. Це і є головною причиною наявності синхронного зміщення в динамічних рядах багаторічної мінливості положення рівня підземних вод. Крос-кореляція окремих довгих рядів спостережень за режимом рівнів підземних вод хоча й дає уявлення про існування процесу синхронності змін режиму та величину часових зміщень, але не дає змоги розкрити характер і закономірності територіального перерозподілу живлення підземних вод у часі. Це завдання автори публікації [21] запропонували вирішити побудовою та зіставленням серії схематичних карт рівня підземних вод за певний період (у нашому випадку 11 років – 1998–2008 рр.) (рис. 5). Рівні підземних вод виражені у відсотках забезпеченості для подання даних у зручних для порівняння відносних показників.

Побудовані схеми дають змогу оцінити регіональну спрямованість багаторічних коливань



Рис. 4. Схема характеру розподілу тісноти кореляційних зв'язків режиму коливань рівнів ґрунтових вод із сонячною активністю, вираженою в числах Вольфа, на території досліджень: 1 – спостережні свердловини; 2 – ізокореляти

Таблиця 8. Результати аналізу синхронного зміщення багаторічної мінливості положення рівня підземних вод для спостережених свердловин території Дніпропетровської області

№ п/п	Номер спостережної свердловини	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	242 004 360		-1 (-)	-1	-	0	+1	0	0	-1	0	+2 (-)	-1
2	242 004 353	+1 (-)		-	-	0	+2	-	+2	0	-3 (-)	+3	-
3	246 033 719	+1	-		+2	+1	+2	+1	+1	-1	-	-	-
4	242 000 015	-	-	-2		0	+1	+3 (-)	-	-1	+3 (-)	-1	0
5	242 008 525	0	0	-1	0		+1	+2 (-)	+1	+3 (-)	-	-1	0
6	242 008 775	-1	-2	-2	-1	-1		+2 (-)	0	+2 (-)	+1 (-)	-2	-1
7	242 004 329	0	-	-1	-3 (-)	-2 (-)	-2 (-)		+1	0	0	0	0
8	242 004 347	0	-2	-1	-	-1	0	-1		-2	+3 (-)	+3 (-)	-2
9	242 001 482	+1	0	+1	+1	-3 (-)	-2 (-)	0	+2		0	0	0
10	242 007 048	0	+3 (-)	-	-3 (-)	-	-1 (-)	0	-3 (-)	0		0	0
11	242 004 355	-2 (-)	-3	-	+1	+1	+2	0	-3 (-)	0	0		0
12	242 002 926	+1	-	-	0	0	+1	0	+2	0	0	0	

Примітка: знак “-” – для цих свердловин значущого зв’язку не виявлено протягом усього досліджуваного часового відрізка; знак (-) – для цих свердловин за зміщення рядів спостерігається асинхронність змін положення рівня.

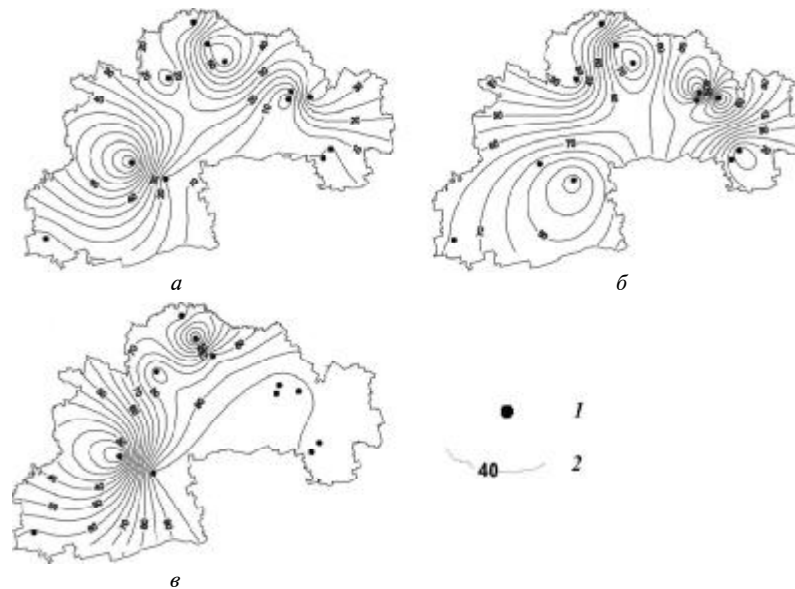


Рис. 5. Схеми просторової мінливості режиму рівнів ґрунтових вод території Дніпропетровської області у відсотках забезпеченості за: а – 1998 р.; б – 2003 р.; в – 2008 р.: 1 – спостережні свердловини; 2 – ізолінії забезпеченості

рівнів ґрунтових вод і зробити висновок щодо відсутності чітких меж територій, для яких характерна однорідність режиму. Аналіз карт просторової мінливості режиму рівнів ґрунтових вод свідчить про відповідність ділянок, де з року в рік спостерігаються близькі значення забезпеченості рівнів, до територій з однаковим ступенем тісноти зв’язків коливань рівня зі змінами сонячної активності. За отриманими результатами аналізу намічено межі ділянок із синхронним багаторічним режимом (рис. 6).

**Район 1** розташований на південному заході області, у межах якої територіально узгоджується з північною окраїною Причорноморської низовини та Базавлуцьким хвилясто-височинним районом (південними відрогами Придніпровської височини). Клімат значно посушливий, помірно спекотний. Межі району частково узгоджуються з межами однорідних за умовами формування водообміну гідрогеологічних округів Мокрої Сури

та Інгульця і однорідних за структурним принципом Інгуло-Інгулецького підрайону (Східнопридніпровський район) та окраїни Бузько-Дніпровського району. Репрезентативні свердловини для вивчення природного режиму ґрунтових вод – 242 004 360 і 246 033 719.

**Район 2** є перехідним, характеризується проміжними рисами гідрогеологічного режиму суміжних ділянок. Займає правобережжя Дніпра в межах південно-східної частини Придніпровської височини. Клімат району посушливий, недостатньо вологий. Територіально район узгоджується із гідрогеологічним округом Базавлука-Томаківки, а також із частиною Інгуло-Інгулецького і Задніпровським підрайоном Східнопридніпровського району. Репрезентативний спостережний пункт – св. 242 004 353.

**Район 3** розташований на північному сході Дніпропетровської обл., займає територію Придніпровської низовини, а саме тераси Дніпра й

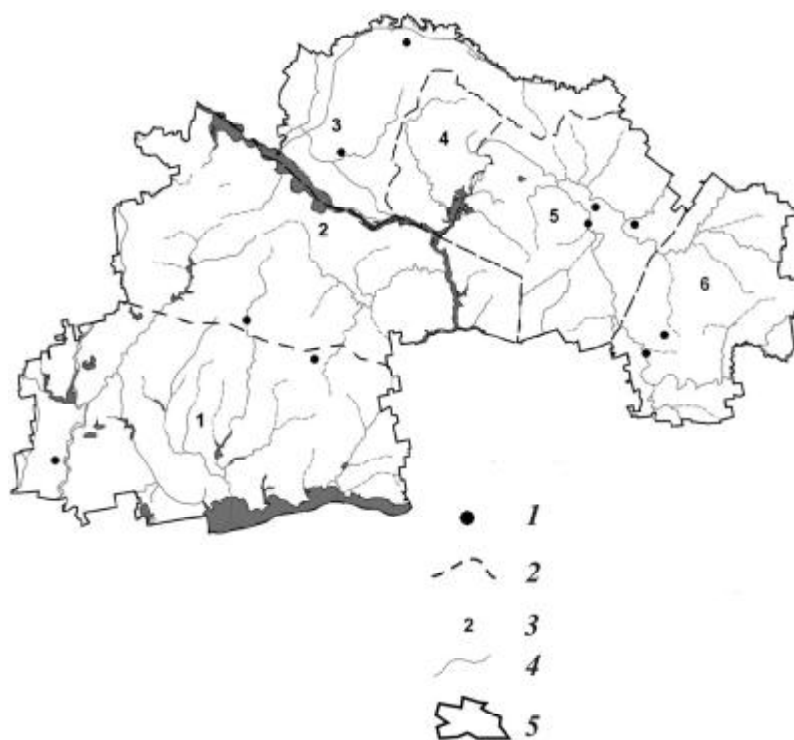


Рис. 6. Схема районування території Дніпропетровської області за синхронією багаторічного режиму рівнів ґрунтових вод: 1 – спостережні свердловини; 2 – межі територій з однорідним багаторічним режимом ґрунтових вод; 3 – номери виділених районів із однорідним режимом; 4 – річки і водотоки; 5 – межа адміністративного регіону

Орлі. Клімат району вологий, недостатньо теплий, із м'якою зимою. Район збігається з гідрогеологічним округом Орлі і розташований у межах Орільсько-Самарського гідрогеологічного району. Репрезентативні свердловини – 242 000 015 і 242 008 525.

Район 4 розташований у межиріччі Самари і Кільченя на території Орільсько-Самарського піднятого району. Кліматичні умови характеризуються дещо меншим рівнем зволоженості порівняно із суміжними територіями. Режим багаторічних коливань рівнів ґрунтових вод має спільні риси з режимом районів 1 і 2. Район розташований у межах гідрогеологічного округу Самари на південній околиці Орільсько-Самарського гідрогеологічного району. Репрезентативні пункти – св. 242 004 347 і 242 008 775.

Район 5 займає території Придніпровської височини та Придніпровської низовини в басейні річок Самара і Вовча. Клімат посушливий, недостатньо вологий. Територія району належить до гідрогеологічного округу Самари і частково уз-

годжується із Кальміус-Торецьким підрайоном Західнодонецького району. Репрезентативні свердловини – 242 004 329, 242 001 482 і 242 007 048.

Район 6 територіально належить до північно-західної частини Приазовської височини. Клімат посушливий, недостатньо вологий. Район розташований у межах гідрогеологічного округу Самари і відповідає частинам Кальміус-Торецького та Задніпровського підрайонів Східнопридніпровського району та Гуляйпільського гідрогеологічного району. Репрезентативні свердловини – 242 004 355, і 242 002 926.

Для виділених районів, умовно однорідних за багаторічним природним режимом рівнів ґрунтових вод, розраховані узагальнені ряди мінливості положення рівня ґрунтових вод (рис. 7), що є вихідними даними для складання регіональних довгострокових прогнозів положення цього рівня. Підсумкові графіки побудовані за осередненими нормалізованими значеннями, отриманими по групах спостережних свердловин. За недостатньої інформації як узагальнений прийнято

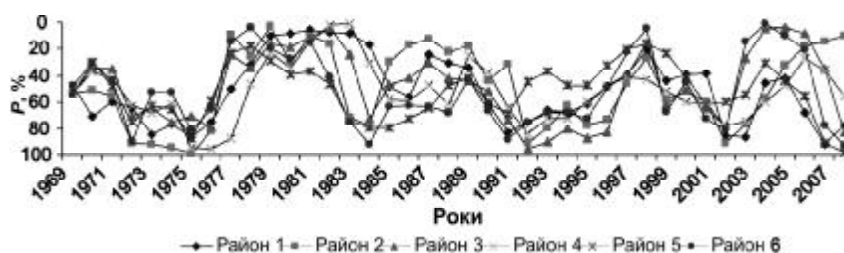


Рис. 7. Узагальнені ряди багаторічної мінливості рівнів ґрунтових вод для виділених районів з умовно однорідним режимом

хронологічний хід розподілу нормалізованих значень ряду за даними найрепрезентативнішого спостережного пункту [1, 10]. Результатом осереднення вихідних рядів є також певне їх згладжування, що дає змогу частково усунути вплив випадкової складової (“шуму”). Відзначимо, що для узагальнених рядів характерна чіткіша ритмічність (4–6 і 8–11 років) порівняно з вихідними рядами спостережень по окремих свердловинах, яка простежується під час візуального аналізу. Наявність ритмічності в рядах багаторічних коливань рівнів ґрунтових вод вказує на можливість створення системи довгострокового прогнозування режиму підземних вод.

**Висновки.** Аналіз територіальної однорідності багаторічного режиму ґрунтових вод у межах досліджуваного регіону Дніпропетровської області свідчить про наявність районів із синхронним режимом багаторічних коливань рівнів. Разом з тим чіткі межі територіальної синхронності не простежуються, що пов’язано з існуванням проміжних районів, для яких характерні спільні риси гідрогеологічного режиму суміжних територій. Ділянки, де слід очікувати однозначних змін положень рівня ґрунтових вод, переважно узгоджуються із кліматичною зональністю та геоморфологічними особливостями регіону.

Результати дослідження багаторічної синхронності гідрогеологічного режиму не суперечать існуючим схемам гідрогеологічного районування території України за структурно-гідрогеологічним і водообмінним принципами. Ці результати можуть бути використані для подальшої деталізації та уточнення зазначених схем із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій та методів математико-картографічного моделювання.

Подальший розвиток досліджень буде спрямований на розробку методики часового прогнозу багаторічної мінливості положення рівнів ґрунтових вод, створення геоінформаційної системи довгострокового прогнозування їх режиму й уточнення гідрогеологічного районування території України, в тому числі виділення азональних ділянок із техногенно зміненими параметрами підземної гідросфери.

1. Коноплянцев А.А., Семенов С.М. Прогноз и картирование режима грунтовых вод. – М.: Недра, 1974. – 216 с.
2. Ковалевский В.С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземных вод. – М.: Недра, 1976. – 152 с.
3. Коноплянцев А.А., Ковалевский В.С., Семенов С.М. Естественный режим подземных вод и его закономерности. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 231 с.

4. *Методическое* руководство по изучению режима подземных вод / Под ред. М.Е. Альтовского, А.А. Коноплянцева. – М.: Госгеолтехиздат, 1954. – 196 с.
5. Токарев Н.С. Разделение территории СССР по характеру режима климата, подземных вод и поверхностных вод // Тр. Новочеркас. политехн. ин-та. – 1962. – 28. – С. 3 – 25.
6. Деметьев Н.Ф. Синхронность в колебаниях уровней подземных вод и расчет подземного стока // Метеорология и гидрология. – 1963. – № 6. – С. 10 – 17.
7. Ковалевский В.С. Многолетняя изменчивость ресурсов подземных вод. – М.: Наука, 1983. – 200 с.
8. Руденко Ф.А. Гидрогеология Украинской ССР. – К.: Вища шк., 1972. – 176 с.
9. Шестопалов В.М., Дробноход Н.И., Лялько В.И. и др. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в естественных условиях. – Киев: Наук. думка, 1989. – 284 с.
10. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гидрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. – К.: УкрДГРІ, 2005. – 572 с.
11. Лушчик А.В., Лисиченко Г.В., Яковлев Е.А. Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов. – Киев.: Наук. думка, 1988. – 164 с.
12. Климчук Л.М., Блінов П.В., Величко В.Ф. та ін. Сучасні інженерно-геологічні умови України як складова безпеки життєдіяльності. – К.: ВПЦ “Експрес”, 2008. – 256 с.
13. Горб А.С., Дук Н. Клімат Дніпропетровської області. – Дніпропетровськ: ВДНУ, 2006. – 204 с.
14. *Національний атлас України* / За ред. Л.Г. Руденка. – К.: Картографія, 2009. – 435, [5] с.
15. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
16. Гавич И.К., Ковалевский В.С., Язвин Л.С. и др. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика. – Новосибирск: Наука, 1983. – 241 с.
17. Коноплянцев А.А., Семенов С.М. Опыт изучения и прогнозирования режима подземных вод (сравнительная характеристика отечественных и зарубежных данных). – М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. – 47 с.
18. Кошляков О.Є. Гидрогеологічне моделювання: Підручник. – К.: Видавн.-полігр. центр “Київ. ун-т”, 2003. – 79 с.
19. Ward J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function // J. Amer. Statist. Association. – 1963. – № 58. – P. 236–244.
20. Токарев Н.С. Ритмические колебания климата и их влияние на режим поверхностных и подземных вод // Тр. Лаб. гидрогеол. проблем. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 9. – С. 46 – 73.
21. Ковалевский В.С., Максимов Н.Г. Картирование режима подземных вод с применением ЭВМ как средство изучения формирования подземных вод // Оценка и региональное использование ресурсов подземных вод. – М.: Недра, 1980. – С.103–122.

*Надійшла до редакції 11.03.2011 р.*

*Л.І. Давибида, Е.Д. Кузьменко*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ СИНХРОННОСТІ  
БАГАТОРІЧНОГО ПРИРОДНОГО РЕЖИМУ РІВНІВ ҐРУНТОВИХ ВОД  
ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ДОВГОСТРОКОВИХ ПРОГНОЗІВ  
(НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

Виконано оцінку регіональної багаторічної однорідності режиму рівнів ґрунтових вод на території Дніпропетровської області із застосуванням комплексного аналізу часових рядів спостережень для репрезентативних гідрогеологічних пунктів. Здійснено групування спостережних свердловин за ознакою синхронності багаторічних коливань положення рівня. У межах досліджуваного регіону виділено територію з однорідним багаторічним режимом рівнів ґрунтових вод.

**Ключові слова:** ґрунтові води, гідрогеологічне районування, статистичний аналіз, однорідність режиму.

*Л.И. Давыбида, Э.Д. Кузьменко*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СИНХРОННОСТИ  
МНОГОЛЕТНЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО РЕЖИМА УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД  
КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ  
(НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Выполнена оценка региональной многолетней однородности режима уровней грунтовых вод на территории Днепропетровской области с использованием комплексного анализа временных рядов наблюдений для представительных гидрогеологических пунктов. Осуществлено группирование наблюдательных скважин по признаку синхронности многолетних колебаний положения уровня. В пределах исследуемого региона выделены территории с однородным многолетним режимом уровней грунтовых вод.

**Ключевые слова:** грунтовые воды, гидрогеологическое районирование, статистический анализ, однородность режима.