

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ДИНАМІКИ РІВНІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД І ЧИННИКІВ ЇХ ФОРМУВАННЯ У МЕЖАХ ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Проаналізовані результати багаторічних спостережень за параметрами режиму рівнів підземних вод і характеристиками космічних, метеорологічних, гідрологічних і геодинамічних чинників формування режиму підземних вод для території Дніпропетровської області. Здійснено оцінку взаємозв'язку параметрів гідрогеодинамічного режиму. У розглянутих багаторічних часових рядах виявлено основні ритми коливань як основу прогнозування режиму підземних вод.

**Ключові слова:** екзогенні геодинамічні процеси; рівні підземних вод; режимоутворювальні чинники; статистичний аналіз.

### *Вступ*

Упродовж останніх десятиріч є актуальним питання дослідження режиму підземних вод, про що свідчать як зростання їх значення у забезпеченні України водними ресурсами, так і активізація небезпечних геодинамічних екзогенних процесів (підтоплення, зсувів, карсту, селів), у розвитку яких діяльність підземних вод відіграє не останню роль. На території України у межах державної програми моніторингу довкілля здійснюються роботи зі спостереження за розвитком окремих геодинамічних процесів, зокрема спостереження за природно- і техногеннозумовленими змінами підземних і поверхневих вод. Окрім того, в Україні виконується значний обсяг науково-дослідних фундаментальних і прикладних гідрогеологічних робіт. Сьогодні завдяки дослідженням провідних учених Інституту геологічних наук НАНУ, Українського державного геологорозвідувального інституту, Національного гірничого університету та інших організацій виконані дослідження з регіонального гідрогеологічного районування України, розглянуті питання водообміну в гідрогеологічних структурах України як в природних, так і порушених умовах, розроблені методи вивчення водообміну, створені постійно діючі гідродинамічні моделі для багатьох регіонів України [Шестопапов и др., 1989], розроблено критерії природності режиму підземних вод, запропоновані методичні основи складання короткострокових прогнозів елементів режиму рівня ґрунтових вод, що знаходяться у природних і слабкопорушених умовах, з використанням факторних імовірно-статистичних моделей [Рубан, Шинкаревський, 2005], сучасних геоінформаційних технологій та апарата нечітких множин [Сарычева, Логинов, 2009], розглянуті теоретичні питання формування режиму підземних вод, зокрема під впливом техногенних чинників, у районах розвитку карсту, зсувів і вплив змін режиму підземних вод на активізацію зазначених процесів [Лушик и др., 1988; Кузьменко та ін., 2007, 2008; Климчук, 2008], проведено аналіз взаємозв'язку сейсмічної активності та змін гідрогеологічних умов і показників для окремих регіонів України [Лушик и др., 1995; Фесенко, 2005].

Під час виконання цих досліджень серед інших використовувались наявні дані про природний режим підземних вод, проте багато питань залишаються невирішеними або вирішеними частково з причини відсутності методики його довгострокового прогнозування. Зазначимо, що існуючі часові ряди цих режимних спостережень за багаторічними змінами рівневого режиму ґрунтових вод дуже часто є "зашумленими" і містять пропуски більше 5 років, що, враховуючи тривалість переважної більшості рядів до 25–30 років, знижує вірогідність довгострокових прогнозів гідрогеологічного режиму і геодинамічних процесів, розвитку і активізація яких пов'язані зі змінами рівнів підземних вод. Складання регіональних прогнозів ускладнюється також тим, що сьогодні не існує схеми гідрогеологічного районування території України відповідно до гідрогеодинамічної аналогії багаторічних коливань рівнів.

### *Постановка задачі*

Для розроблення методики довгострокового (до 10–15 років) прогнозування режиму підземних вод у часі та просторі відповідно до закономірностей режимоутворювальних чинників для різних регіонів України першочерговим і необхідним завданням є проведення комплексного статистичного аналізу вихідних даних багаторічних спостережень за режимом рівнів підземних вод і мінливістю режимоутворювальних чинників для окремих територій з метою доведення їх підпорядкованості класичним законам розподілу та виявлення певних закономірностей у їх функціях розподілу. Саме вирішення цих питань є метою досліджень, зазначених у цій роботі.

### *Вихідні дані*

Дослідження проводилося для території Дніпропетровської області. Вихідними даними є результати багаторічних спостережень (строкових замірів) за рівнями ґрунтових і міжпластових вод у 17 гідрогеологічних свердловинах і мінливістю режимоутворювальних чинників досліджуваного регіону. Спостережені свердловини, вибрані для подальшого аналізу, характеризують природний або слабкопорушений режим рівнів підземних вод.

**Методика та результати досліджень**

Режим підземних вод визначається як природно-історичний процес циклічної мінливості стану та властивостей підземних вод у часі і в межах визначеного простору, що відбувається під впливом сукупності взаємодіючих певних природних і штучних чинників, що постійно змінюються. Аналіз наявних матеріалів багаторічних спостережень і попередніх наукових робіт, що стосувались вивчення та прогнозування режиму рівнів підземних вод [Коноплянцев, Семенов, 1974; Ковалевський, 1983; Рубан, Шинкаревський, 2005], свідчить, що найхарактернішими параметрами елементів режиму рівнів підземних вод є середньорічні, екстремальні (максимальні й мінімальні) річні значення положення рівня, а також значення річних амплітуд.

Важливим під час вивчення багаторічних закономірностей режиму рівнів підземних вод є фазова однорідність значень елементів режиму, що розглядаються, оскільки безпосередньо виміряні екстремальні значення положення рівня можуть спостерігатися у різні роки у різні сезони і не відображати загальних багаторічних тенденцій. Автокореляційний і спектральний аналіз рядів середньомісячних положень рівня для безперервних спостережних періодів у часових межах 1954–2008 рр. показав наявність доволі чіткої статистично значущої 12-місячної періодичності для переважної більшості свердловин досліджуваної території. Як правило, сезонні коливання у розглянутих часових рядах накладаються на тренд-циклічну складову. Для більшості свердловин внесок сезонних коливань у загальну мінливість положень рівня є значущим порівняно з багаторічними змінами. Для окремих свердловин 12-місячна циклічність простежується у вигляді статистично незначущих тенденцій або сезонна компонента взагалі не проявляється. Зазначене твердження обґрунтовано проведенням кореляційного аналізу, результати якого показані на рис. 1.

Відсутність у рядах спостережень за режимом підземних вод сезонних коливань рівня є однією з ознак його порушення. Зазначимо також, що автокореляційний і спектральний аналіз аналогічних рядів даних спостережень за основними характеристиками режимоутворювальних чинників (середньомісячних температур і місячних кількостей опадів) свідчить про наявність чіткої 12-місячної періодичності для усіх метеопостів Дніпроперовської області. У подібних випадках доцільним є проведення оцінки багаторічної мінливості положень рівня з урахуванням існуючих принципів і критеріїв природності режиму із обґрунтуванням доцільності використання результатів спостережень, отриманих по гідрогеологічних пунктах, для подальшого вивчення і довгострокового прогнозування природного режиму рівнів підземних вод для території регіону.

Результати проведеного аналізу дають можливість побудувати середньобагаторічні криві коли-

вань рівня підземних вод за увесь період ведення спостережень для кожного пункту спостережень. Побудовані графіки (рис. 2) свідчать, що для ґрунтових вод переважної більшості свердловин території Дніпропетровської області властивий тип сезонного та цілорічного живлення, який характерний для зон нестійкого зволоження. При цьому для внутрішньорічного режиму спостерігається весняне максимальне положення рівнів у березні – травні внаслідок живлення за рахунок опадів, що накопичилися за зиму. Літні, часто навіть осінні опади значною мірою витрачаються на випаровування і в живленні ґрунтових вод участі фактично не беруть [Рубан, Шинкаревський, 2005]. Річний мінімум спостерігається, як правило, у серпні – жовтні. Середньобагаторічний графік коливань рівнів напірних вод для однієї окремо взятої свердловини свідчить про значну подібність їхнього внутрішньорічного режиму з режимом ґрунтових вод оточуючих територій. Такий тип режиму напірних вод характерний для областей живлення – пластів, які безпосередньо виходять на поверхню або мають прямий гідравлічний зв'язок із ґрунтовими водами.

Враховуючи сказане, для вивчення основних статистичних закономірностей багаторічного природного режиму рівнів підземних вод досліджуваної території статистичний аналіз виконаний для таких параметрів: середньорічних положень рівня (розрахованих за середньомісячними значеннями), річних амплітуд (розрахованих за середньомісячними значеннями), річних максимальних (значення положення рівня у квітні) та річних мінімальних (значення положення рівня у вересні) рівнів.

У геології обґрунтованими є такі закони розподілу: нормальний, логнормальний, гамма-закон, експоненціальний, екстремальний. Особливість останніх чотирьох законів полягає у тому, що усі вони містять експоненту, тому логарифми їхніх аналітичних виразів можуть бути розподілені за нормальним законом. Отже, для уніфікації законів розподілу (приведення до нормального закону розподілу) достатньою є процедура логарифмування розподілів, які відрізняються від нормального.

Для вивчення характеру статистичних розподілів для досліджуваних параметрів були побудовані гістограми фактичних розподілів їх ймовірностей і графіки їхніх теоретичних аналогів, а також відповідні графіки забезпеченості. Отримані графіки забезпеченості та гістограми розподілу частот свідчать про те, що для багаторічної мінливості середньорічних рівнів підземних вод у гідрогеологічних свердловинах території Дніпропетровської області характерні такі типи розподілів (рис. 3):

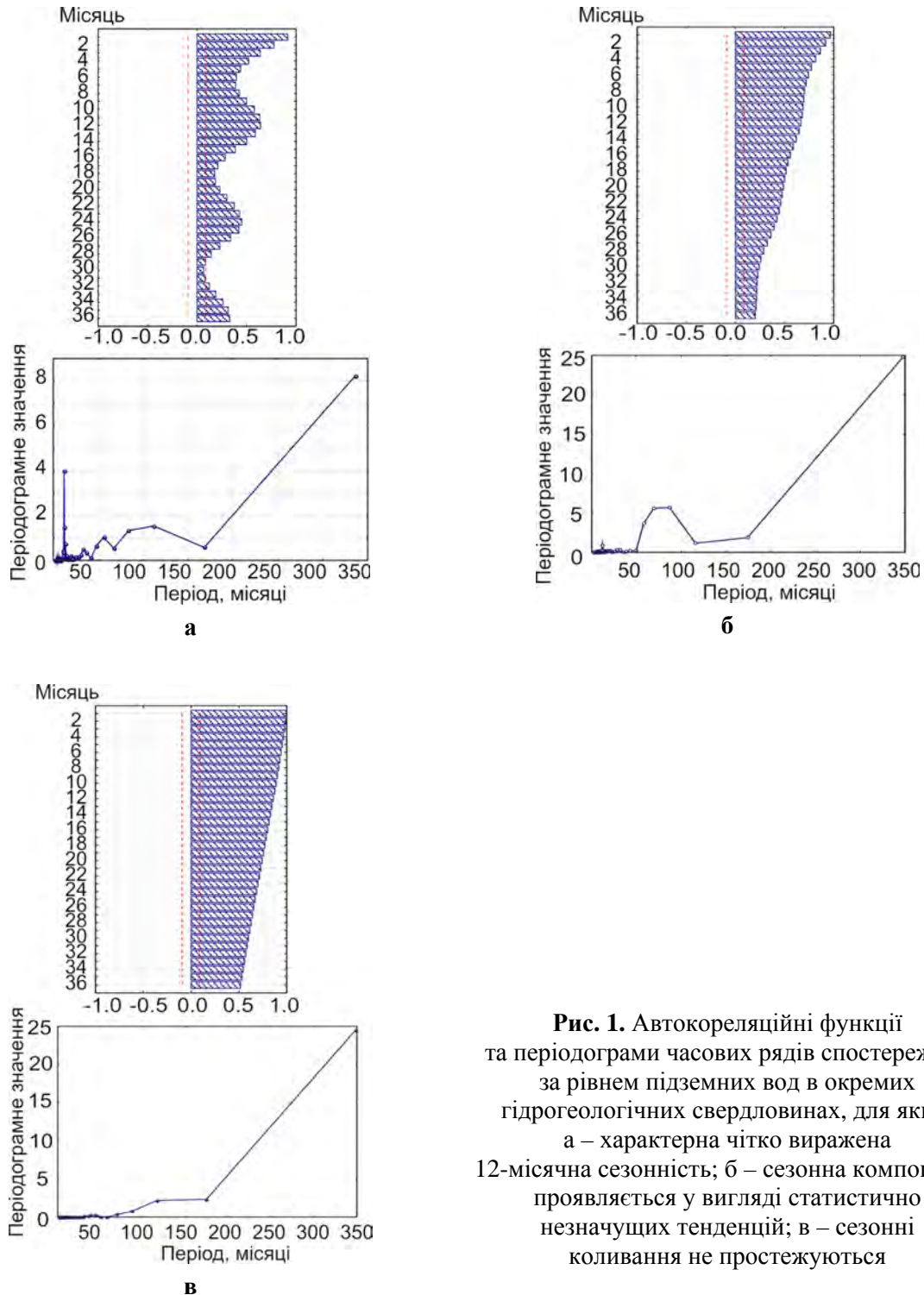
а) емпіричні точки розміщуються по прямій лінії або близько до прямої, що свідчить про нормальний (симетричний) закон розподілу;

б) точки розташовані у вигляді кривої, яка спрямляється на логарифмічній шкалі, що свідчить про логнормальний закон розподілу;

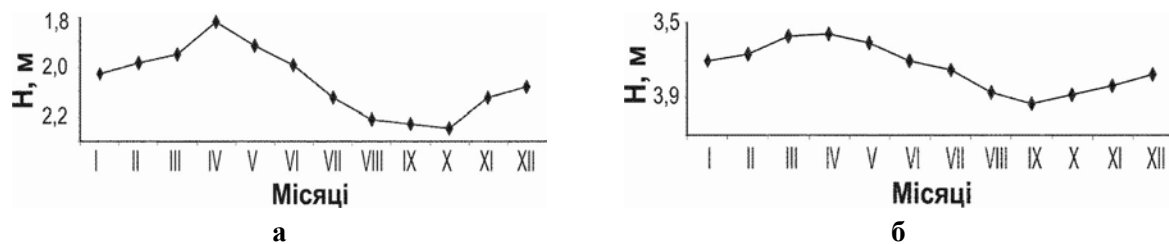
в) крива має увігнуто-випуклу форму, яка характеризує складний характер розподілу для неоднорідних умов формування режиму підземних вод у роки високої і низької водності або змінених умов формування режиму внаслідок його порушення [Ковалевський, 1986].

Як правило, криві розподілу значень параметрів рівневого режиму для окремої свердловини найчастіше бувають однаковими з деякою тенден-

цією до збільшення кількості асиметричних кривих розподілу для максимальних весняних рівнів порівняно із середньорічними і мінімальними рівнями. Побудовані гістограми для річних амплітуд, як правило, свідчать про їхню підпорядкованість законам розподілу, що містять експоненту, найімовірніше – логнормальному. Причому ця закономірність є доволі стійкою, оскільки підтверджується фактично для усіх розглянутих свердловин.



**Рис. 1.** Автокореляційні функції та періодограми часових рядів спостережень за рівнем підземних вод в окремих гідрогеологічних свердловинах, для яких: а – характерна чітко виражена 12-місячна сезонність; б – сезонна компонента проявляється у вигляді статистично незначущих тенденцій; в – сезонні коливання не простежуються



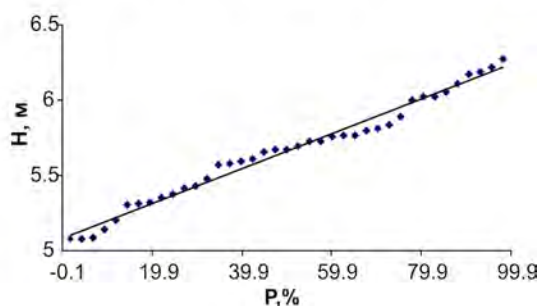
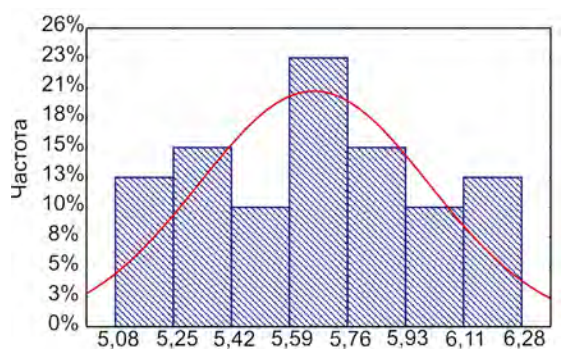
**Рис. 2.** Приклади середньобагаторічних кривих сезонної мінливості рівнів підземних вод в окремих гідрогеологічних свердловинах Дніпропетровської області:  
 а – безнапірні води верхньочетвертинного алювіального водоносного горизонту;  
 б – напірні води юрського теригенно-карбонатного водоносного горизонту

Результати графічного аналізу підтверджуються визначенням законів розподілу характеристик рівневого режиму і чинників його формування за допомогою критерію Колмогорова-Смірнова, який рекомендується літературою, коли вибірка даних має значний обсяг, а ймовірний теоретичний закон розподілу не обов'язково повинен бути нормальним [Смирнов, 1959]. Розраховується так звана D-статистика для кількох законів, яким може відповідати вибірка, а також критичне значення D-статистики, розраховане відповідно до обсягу вибірки. Теоретичний закон розподілу приймається для досліджуваної вибірки, якщо значення D-статистики менше від критичного. У зв'язку з обмеженим обсягом вибірок розрахованих параметрів багаторічної мінливості положення рівнів і режимоутворювальних чинників для перевірки нормальності законів їх розподілу додатково був застосований жорсткіший статистичний критерій  $\chi^2$ . Узагальнені результати статистичного аналізу значень середньорічних, максимальних і мінімальних положень рівня, наведені в табл. 1, свідчать про високу ймовірність відповідності їх законів розподілу нормальному, а річних амплітуд – логнормальному теоретичному закону. Відповідність емпіричного розподілу річних амплітуд теоретичному логнормальному закону пояснюється залежністю їх величин як від первинних, так і від вторинних ознак – чинників і умов формування режиму. Істотне відхилення сукупності значень характеристик режиму рівнів від нормального закону розподілу, наявність мультимодальних розподілів, що спостерігаються для деяких свердловин, однозначно свідчать про неоднорідність часового ряду, а отже, й про ймовірну зміну умов формування гідрогеологічного режиму.

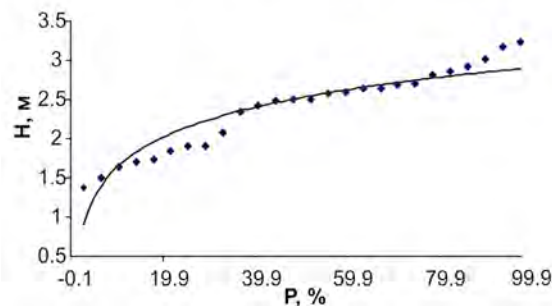
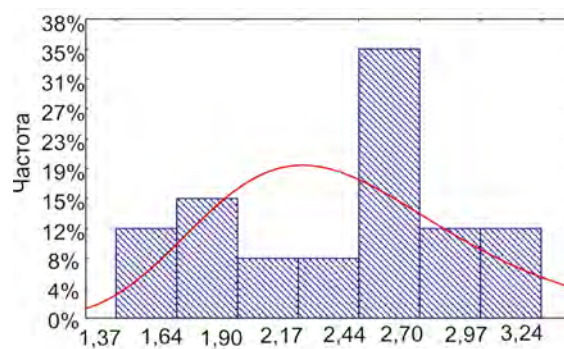
Підпорядкованість розглянутих параметрів законам розподілу, прийнятим у геології, свідчить про формування режиму рівнів підземних вод під впливом комплексу зовнішніх чинників, що, своєю чергою, зумовлює необхідність вивчення та врахування особливостей їх багаторічної мінливості під час складання довгострокових гідрогеологічних прогнозів.

Основними чинниками, що формують режим рівнів підземних вод і повинні враховуватись під

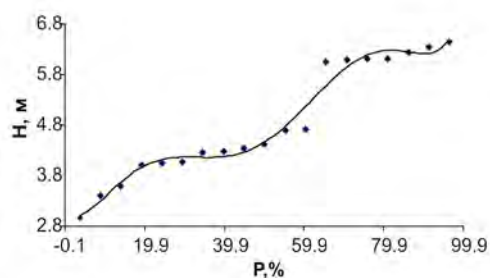
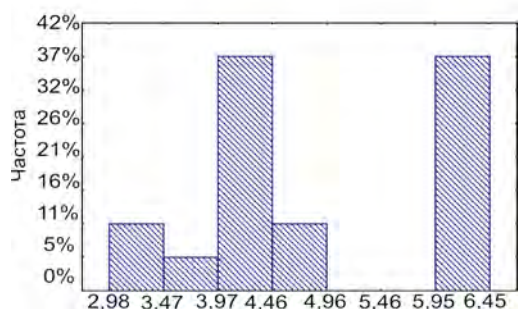
час його вивчення та прогнозування, є кліматичні (метеорологічні), насамперед атмосферні опади і температура повітря. Аналіз попередніх досліджень багаторічної мінливості рівнів підземних вод [Коноплянцев, Семенов, 1974; Ковалевський, 1976; Рубан, Шинкаревський, 2005] свідчить про доцільність першочергово розглядати такі основні характеристики метеорологічних режимоутворювальних чинників: річну кількість опадів, кількість опадів холодного періоду (листопад – лютий), середньорічні температури повітря, середні літні температури повітря. Саме ці параметри дають змогу кількісно охарактеризувати комплексний вплив чинників, які визначають величину живлення підземних вод у кожному окремо взятому році. Зміни метеорологічних чинників, які мають безпосередній вплив на коливання рівнів підземних вод, значною мірою зумовлені впливом космогенних чинників і насамперед – змінами сонячної активності. Своєю чергою, наявність закономірного зв'язку багаторічних коливань рівнів підземних вод зі змінами сонячної активності відмічали багато дослідників [Коноплянцев, Семенов, 1974; Ковалевський, 1976;]. Гідрологічні чинники формування режиму виділяють в окрему групу, що пов'язано із специфікою їхнього впливу. Режим поверхневих вод, своєю чергою, також визначається кліматичними чинниками, вплив яких передається на підземні води. Ступінь впливу гідрологічних чинників залежить від геологічної будови та гідрогеологічних умов території. Особливо тісно зв'язок мінливості рівнів підземних і поверхневих вод проявляється у прибережних зонах. Серед геологічних чинників, ефект яких може бути зафіксований спостереженнями, насамперед слід назвати землетруси. Вплив землетрусів на режим підземних вод, як правило, є епізодичним, і найчастіше проявляється у різких змінах рівня напірних вод. Проте сейсмічна діяльність земної кори інколи може спричинити істотні зміни умов формування підземних вод, пов'язані зі зміною площ підземних водозбірних басейнів [Гавич и др., 1983]. Отже, дані режиму підземних вод можуть слугувати також основою для прогнозування землетрусів [Копылова, 2008].



**а**



**б**



**в**

**Рис. 3.** Характерні гістограми розподілів ймовірностей і графіки забезпеченості середньорічних рівнів підземних вод у гідрогеологічних свердловинах: а – № 24200015; б – № 24403707; в – № 242004353 території Дніпропетровської області

У цьому дослідженні виконано статистичний аналіз результатів режимних спостережень за даними шести метео- і п'яти гідропостів території Дніпропетровської області. Крім того, були проаналізовані дані щодо сумарної річної енергії землетрусів, зафіксованих у найближчій сейсмоактивній зоні – в Криму (на сеймостанції “Ялта”), а також інформацію про багаторічні зміни сонячної активності, вираженої у числах Вольфа. Зазначимо, що ці дані є загальнодоступними і не потребують проведення фахових досліджень.

На рис. 4 показано гістограми фактичних розподілів ймовірностей числових характеристик режимоутворювальних чинників і графіки їхніх теоретичних аналогів. Визначення законів розподілу аналогічно, як і для характеристик рівневого режиму, проводилось за допомогою критеріїв Колмогорова–Смірнова та  $\chi^2$ .

Статистичний аналіз даних багаторічних спостережень за змінами усіх метеорологічних чинників по усіх метеопостах Дніпропетровської області виявив високу відповідність їх фактичних законів розподілу теоретичному нормальному закону розподілу.

Таблиця 1

Результати ідентифікації законів розподілу параметрів режиму рівня підземних вод для спостережуваних свердловин Дніпропетровської області (рівень значущості  $\alpha=0,05$ )

№ з/п	Номер свердловини	Кількість років спостережень	Середньорічні положення рівня	Річні максимальні положення рівня	Річні мінімальні положення рівня	Річні амплітуди
1	242004360	35	нормальний	Вейбула	гамма	Вейбула
			Вейбула	екстремальний	нормальний	нормальний
2	242004353	24	логнормальний	логнормальний	екстремальний	нормальний
			нормальний	нормальний	нормальний	екстремальний
3	246033719	28	екстремальний	гамма	екстремальний	екстремальний
			нормальний	нормальний	нормальний	логнормальний
4	242004349	27	екстремальний	екстремальний	екстремальний	логнормальний
			логнормальний	гамма	гамма	Вейбула
5	242000015	40	нормальний	нормальний	нормальний	логнормальний
			логнормальний	Вейбула	гамма	екстремальний
6	242008525	29	екстремальний	екстремальний	гамма	Вейбула
			нормальний	нормальний	нормальний	нормальний
7	242001482	53	нормальний	нормальний	екстремальний	нормальний
			гамма	гамма	експоненціальний	Вейбула
8	242008775	32	нормальний	Вейбула	нормальний	екстремальний
			гамма	нормальний	гамма	нормальний
9	242004329	34	нормальний	нормальний	логнормальний	екстремальний
			екстремальний	гамма	нормальний	гамма
10	242004347	30	нормальний	нормальний	нормальний	логнормальний
			гамма	екстремальний	гамма	екстремальний
11	242002926	37	нормальний	гамма	логнормальний	Вейбула
			Вейбула	логнормальний	нормальний	гамма
12	242004355	34	нормальний	Вейбула	нормальний	логнормальний
			Вейбула	нормальний	гамма	екстремальний
13	242008759	28	гамма	Вейбула	Вейбула	екстремальний
			нормальний	нормальний	нормальний	гамма
14	242007048	43	нормальний	Вейбула	нормальний	гамма
			гамма	гамма	гамма	екстремальний
15	242003710	21	гамма	Вейбула	нормальний	логнормальний
			нормальний	нормальний	гамма	екстремальний
16	242007821	28	логнормальний	логнормальний	логнормальний	екстремальний
			екстремальний	екстремальний	нормальний	логнормальний
17	242003707	25	Вейбула	Вейбула	Вейбула	логнормальний
			нормальний	нормальний	нормальний	екстремальний

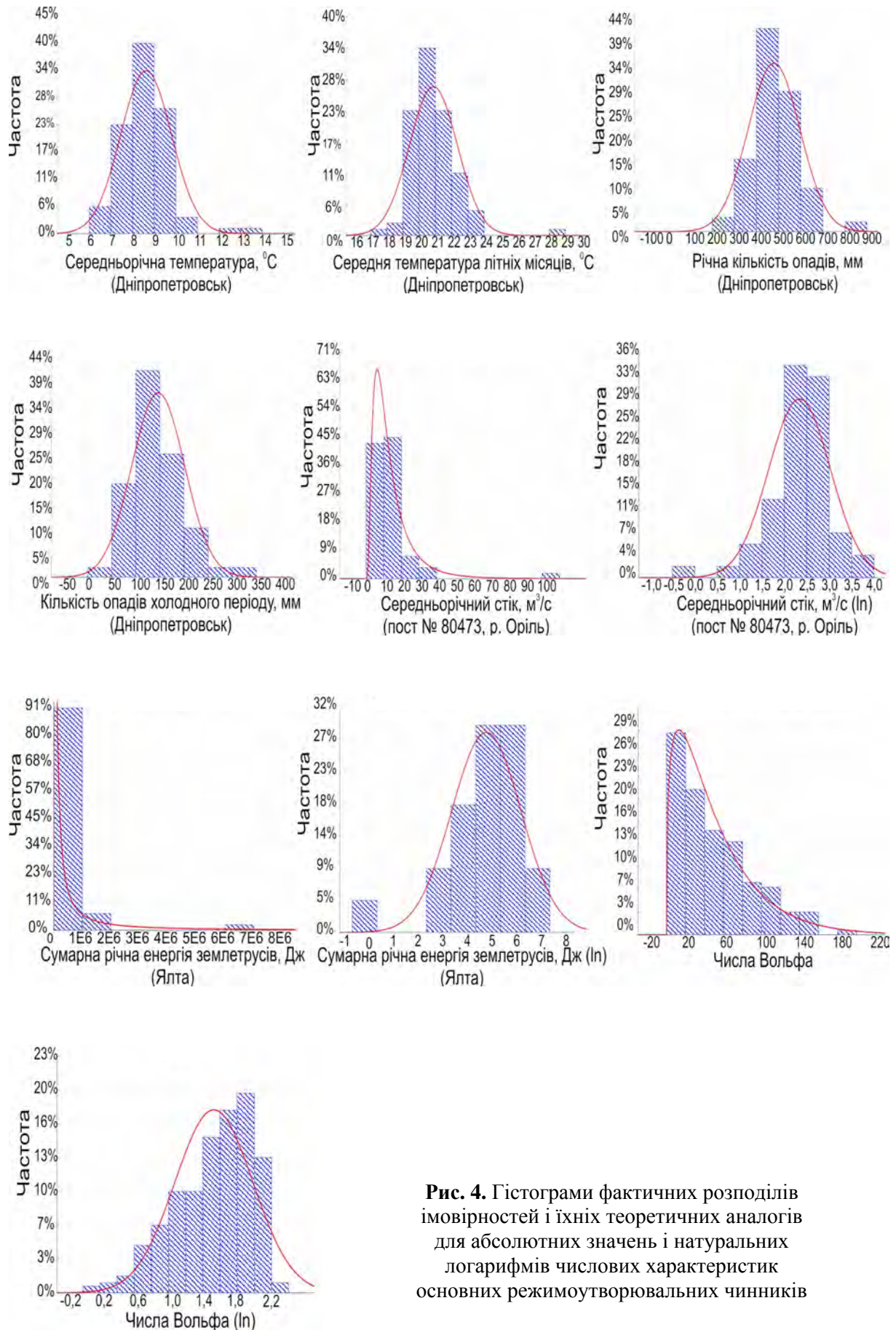
Розподіли характеристик космічних чинників (числа Вольфа) підпорядковуються гамма-, а гідрологічних (середньорічний стік) і геологічних (сумарна річна енергія землетрусів) – логнормальному теоретичному закону розподілу. Для подальших досліджень необхідні лінійні перетворення (процедура логарифмування) значень параметрів середньорічного стоку, сумарної річної енергії землетрусів і чисел Вольфа, закони розподілу яких містять експоненту.

Теоретичною основою часових регіональних прогнозів є вчення про ритмічність природних процесів. Для виявлення основних часових періодів гармонічних коливань був проведений аналіз часових рядів даних для усіх постів спостережень за рівнями підземних вод та чинниками

формування їх режиму за допомогою автокореляційних функцій і спектрального аналізу, узагальнені результати яких наведені в табл. 2.

Результати аналізу свідчать про деяку неоднорідність багаторічного режиму підземних вод у спостережуваних свердловинах досліджуваної території. Відсутність чітких ритмів коливань рівня для окремих свердловин може бути спричинена також недостатньою для їхнього аналізу тривалістю рядів спостережень. Для окремих свердловин під час аналізу автокорелограм чітко простежується наявність лінійних тенденцій. Тому надалі необхідні додаткові дослідження для оцінки статистичної значущості трендів та можливості відновлення природно зумовленої багаторічної мінливості положення рівнів для окремих спостережних пунктів.





**Рис. 4.** Гістограми фактичних розподілів імовірностей і їхніх теоретичних аналогів для абсолютних значень і натуральних логарифмів числових характеристик основних режимоутворювальних чинників

Встановлені періоди коливань для часових рядів спостережень за багаторічним рівневим режимом підземних вод для свердловин Дніпропетровської області

№ з/п	Номер свердловини	Тривалість періодів, роки			
		середньорічні положення рівня	річні максимальні положення рівня	річні мінімальні положення рівня	річні амплітуди
1	242004360	6, 8-9, 16-17	3, 9, 18	6, 9, 18	3, 9, 18
2	242004353	9-10	10-11	5, 11, 16	4, 11
3	246033719	7-8, 19	3, 7-8, 19	4, 7-8, 19	3, 5, 8, 19
4	242004349	3-4, 18	3-4, 9, 18	3-4, 9, 18	4, 7-8, 18
5	242000015	4-5, 10-11, 18-20, 23	3-4, 11, 23	7-8, 11, 23	4, 9, 22
6	242008525	4-5, 10-11, 18-20	3-4, 11, 23	3-4, 9-10, 19	3-4, 9-11
7	242001482	3, 5, 10, 19	3, 5, 9, 19	3-4, 7-8, 11	3, 9, 18
8	242008775	10, 20	4, 8-9, 20	4, 5-6, 8, 20	3, 6-7, 10
9	242004329	4, 18	3, 9, 18	4, 18	3, 9
10	242004347	9, 16-18	3, 9, 18	9, 11, 18	2, 9, 18
11	242002926	7, 18-19	4, 6, 19	3, 9-10, 19	4, 9-10, 19
12	242004355	3, 8-9, 18	3, 4, 9, 18	3, 6, 9	3, 4, 6, 18
13	242008759	4, 8, 20	4, 13	4, 21	4, 8, 13
14	242007048	3-4, 11	3, 6-7, 9, 16	3, 7-8, 11, 23	3-4, 9
15	242003710	9	3-4, 9	3-5, 11	3, 11
16	242007821	4, 14	4, 14	4, 14	4-5, 13
17	242003707	4, 7, 11, 18	4, 9, 18	3-4, 7-8, 19	3, 5, 13

Періодограмний і автокореляційний аналіз рядів спостережень свідчить про наявність 3-4-, 5-7-, 9-13- і 18-19-річних циклів фактично для усіх свердловин. Можливості довгострокового прогнозування багато в чому залежать від наявності встановлених зв'язків із режимоутворювальними чинниками, виявлення генетичної природи коливань і, природно, від можливості отримання прогнозів відповідних чинників. Тому з метою виявлення аналогічних циклів періодограмний і автокореляційний аналіз був проведений для часових рядів досліджуваних режимоутворювальних чинників. Результати аналізу, наведені в табл. 3, підтверджують наявність ритмічності, подібної до основних закономірностей, встановлених для часових рядів рівнів підземних вод (2-3, 5-6, 9-13 і 17-19 років).

Багаторічні циклічні коливання рівнів підземних вод не мають чіткої періодичності в часі. Нерівномірність циклів у коливаннях рівнів підземних вод зумовлена інтерференцією різних за тривалістю і фазами коливань режимоутворювальних чинників, багаторічна мінливість яких, своєю чергою, не є чітко періодичною. Усе це ускладнює прогнозування режиму підземних вод, особливо в періоди, близькі до екстремальних значень рівнів. Проте виявлені закономірності багаторічних коливань рівнів підземних вод можуть допомогти намітити основні періоди переломів і оцінити тенденції подальшої мінливості підземних вод.

Наступним важливим кроком досліджень є виявлення взаємозв'язку та взаємозумовленості параметрів рівневого режиму. Для виконання цього завдання був виконаний парний кореляційний ана-

ліз характерних параметрів режиму рівнів підземних вод окремо для кожного спостережного пункту. Отримані результати підтверджують наявність функціонального зв'язку ( $R=0,86-0,96$ ) для таких характеристик: "середньорічний рівень – максимальний річний рівень" і "середньорічний рівень – мінімальний річний рівень" для переважної більшості свердловин. Значущий зв'язок не спостерігається для окремих спостережних пунктів і є характерною ознакою ймовірного техногенного порушення. Залежність максимальних і мінімальних річних рівнів є менш тісною ( $R=0,4-0,6$ ). Найменш значущим зв'язком із іншими параметрами рівневого режиму характеризуються річні амплітуди. Від'ємна статистично значуща кореляція ( $\alpha=0,05$ ) відмічається тільки для річних амплітуд і середньорічних рівнів окремих свердловин ( $R \leq 0,4$ ). Отримані за допомогою кореляційного аналізу закономірності підтверджуються результатами кластерного аналізу (рис. 5).

Відсутність тісного зв'язку між річними амплітудами коливань рівнів підземних вод та іншими характеристиками динамічного режиму, а також відмінність законів розподілу для їхніх значень зумовлена тим, що амплітуди формуються не тільки під впливом часових режимоутворювальних чинників, але й значною мірою зумовлюються постійними (просторовими) умовами формування режиму, зокрема ступенем ізольованості водоносного горизонту від земної поверхні, літологічним складом водовмісних порід, типом рельєфу, рівнем зволоженості території, а також типом і ступенем техногенного навантаження [Ковалевський, 1976].



Таблиця 3

Встановлені періоди коливань часових рядів чинників формування режиму рівнів підземних вод для території Дніпропетровської області

№ з/п	Числові характеристики чинників формування режиму	Спостережний пункт	Тривалість періодів, роки
1	<b>Метеорологічні чинники</b>		
	Річна кількість опадів, мм	Губініха	3, 8-9, 19
		Дніпропетровськ	3, 5-6, 8-9, 17
		Комісарівка	3, 5, 9-10, 22
		Кривий ріг	3, 5, 9-10
		Павлоград	3, 5, 9-10, 22
		Чаплине	3, 5-6, 9, 16
	Кількість опадів холодного періоду (листопад-лютий), мм	Губініха	3, 5, 9-10
		Дніпропетровськ	3, 5, 7-8, 17
		Комісарівка	3, 5, 8-9, 19
		Кривий ріг	3, 9-10, 16
		Павлоград	3, 5, 6, 10, 16
		Чаплине	3, 5, 7-8
	Середньорічна температура повітря, °С	Губініха	3, 8-9
		Дніпропетровськ	3, 5, 8-9, 10, 20
		Комісарівка	3, 5, 9-10
		Кривий ріг	3, 5, 8-9
		Павлоград	3, 5, 8, 9-10
		Чаплине	3, 5, 8-9
	Осереднені літні температури повітря, °С	Губініха	3-4, 8-9
Дніпропетровськ		3, 5, 8-9, 17	
Комісарівка		3, 5, 9-10	
Кривий ріг		3, 5, 9-10	
Павлоград		3, 5, 9	
Чаплине		3, 5, 9-10	
2	<b>Гідрологічні чинники</b>		
	Середньорічний стік, м <sup>3</sup> /с	80473 (р.Оріль)	3-4, 9, 18
		80483 (р.Самара)	3, 10
		80505 (р. Вовча)	3, 11, 19
		80568 (р.Інгулець)	3, 8-9
		80571 (р.Інгулець)	2, 3-4, 8-9
		80522 (р. Мала Тирса)	2-3, 7-8
<b>Геологічні чинники</b>			
3	Сумарна річна енергія землетрусів, 10 <sup>6</sup> Дж	Ялта	3, 5, 9, 17
4	<b>Космічні чинники</b>		
	Число Вольфа	Результати, представлені Національним центром геофізичних даних (США)	9-13

### **Висновки**

Розглянуті у роботі числові характеристики багаторічної мінливості положення рівнів підземних вод та режимоутворювальних чинників є прийнятними для оцінки і прогнозування динамічного режиму підземних вод на ймовірнісному рівні, оскільки підпорядковуються загальноприйнятим класичним законам розподілу.

Проведений аналіз часових рядів вихідних даних свідчить про наявність тенденції до періодичності коливань рівнів підземних вод в окремих свердловинах та кількісних характеристик метеорологічних, гідрологічних, геологічних і космогенних чинників формування гідрогеологічного режиму. Деякі періоди (2–3 роки, 5–6 років, 9–13 (в середньому 11) років, 17–19 років) присутні фактично в усіх розглянутих часових рядах.

Наявність синхронно-зміщеної ритмічності у рядах рівнів і режимоутворювальних чинників дає можливість довгострокового прогнозування режиму рівнів підземних вод, використання даних про гідрогеодинамічний режим території під час вирішення проблем оцінки та прогнозу ймовірності розвитку і активізації геодинамічних процесів.



**Рис. 5.** Дендрограма зв'язків між параметрами багаторічного рівневого режиму для свердловини № 242004355

Для багаторічної мінливості рівнів підземних вод в окремих свердловинах території Дніпропетровської області простежуються ознаки, не характерні для природного режиму (відсутність сезонних коливань рівня, помітні лінійні багаторічні тенденції зміни рівня підземних вод, мульти-модальні закони розподілу параметрів рівневого режиму), які можуть свідчити про техногенне порушення гідрогеодинамічного режиму. Тому є доцільною оцінка відповідності багаторічної мінливості рівня існуючим критеріям природності режиму та вибір репрезентативних пунктів для подальшого вивчення та прогнозування природного гідрогеодинамічного режиму.

Наявність істотного зв'язку між значеннями середньорічних рівнів підземних вод та іншими параметрами рівневого режиму дає змогу під час подальших досліджень розглядати тільки часові ряди середньорічних рівнів підземних вод як найзагальнішу характеристику водності кожного окремого року.

Перспективи використання наведених результатів досліджень полягають у розробленні системи довгострокового прогнозування режиму коливань рівнів підземних вод, що ґрунтується на врахуванні комплексної дії режимоутворювальних чинників і теорії циклічності геологічних процесів, з подальшим уточненням схем гідрогеологічного районування території України, а також підвищенням вірогідності довгострокових прогнозів розвитку та активізації небезпечних геодинамічних процесів.

#### Література

Лушик А.В., Швырло Н.И., Петренко С.Л., Яковлев Е.А. Гидрогеологические показатели изменения инженерно-сейсмогеологических усло-

вий в сейсмоактивных регионах Украины и пути совершенствования их изучения для прогноза // Геодинамические исследования в Украине. – К.: ИГФ НАНУ. – 1995. – С. 51–54.

Кузьменко Е.Д., Чепурний І.В., Козак П.І. Довгостроковий часовий прогноз розвитку карсту на Передкарпатті // Геоінформатика. – 2008. – № 3. – С. 78–85.

Кузьменко Э.Д., Крыжановский Е.И., Карпенко А.Н., Журавель А.М. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие. Диплом № 310 // Научные открытия: Сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез-2006.– М.: МААНОИ, 2007. – С. 64–65.

Ковалевский В.С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией – М.: Недра, 1986. – 198 с.

Ковалевский В.С. Многолетняя изменчивость ресурсов подземных вод – М.: Наука, 1983. – 205 с.

Ковалевский В.С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземных вод – М.: Недра, 1976. – 152 с.

Коноплянец А.А. Семенов С.К. Прогноз и картирование режима грунтовых вод – М.: Недра, 1974. – 216 с.

Копылова Г.Н. О связи режима подземных вод с сейсмичностью и деформациями земной коры на стадиях подготовки сильных землетрясений // Разведка и охрана недр. – 2008. – № 7. – С. 37–45.

Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика / Гавич И.К., Ковалевский В.С., Язвин Л.С. и др. – Новосибирск: Наука, 1983. – 241 с.

Климчук А.Б. Особенности и проблемы гидрогеологии карста: спелеогенетический подход // Спелеология и карстология. – 2008. – № 1. – С. 23–46.

Логонов О.А., Сарычева Л.В. Прогнозирование уровня грунтовых вод с применением клеточных автоматов – УСиМ. – 2009. – № 1. – С. 86–92.

Рубан С.А. Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. – К.: УкрДГРІ, 2005. – 572 с

Смирнов Н.В., Дуниин-Барковский И.В. Краткий курс математической статистики для технических приложений – М.: Физматгиз, 1959. – 436 с.

Фесенко О.В. Інженерно-геологічні основи сейсмічного мікрорайонування території м. Одеси: Автореф. дис... канд. геол. наук. – К.: ІГН НАНУ. – 2005. – 20 с.

Шестопапов В.М., Дробноход Н.И., Лялько В.И. и др. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в естественных условиях. – К.: Наук. думка, 1989. – 284 с.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ УРОВНЕЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ФАКТОРОВ  
ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ****Л.И. Давыбида, Э.Д. Кузьменко**

Выполнен анализ результатов многолетних наблюдений за параметрами режима уровней подземных вод и характеристиками космических, метеорологических, гидрологических и геодинамических факторов формирования режима подземных вод для территории Днепропетровской области. Осуществлена оценка взаимосвязи параметров гидрогеодинамического режима. В рассмотренных многолетних временных рядах выявлены основные ритмы колебаний как основа прогнозирования режима подземных вод.

**Ключевые слова:** экзогенные геодинамические процессы; уровни подземных вод; режимообразующие факторы; статистический анализ.

**REGULARITIES OF SUBSURFACE WATERS' LEVELS DYNAMICS  
AND FACTORS OF ITS FORMING IN THE DNIPROPETROVSK REGIONS' TERRITORY****L.I. Davybida, E.D. Kuzmenko**

The analysis of long-term observations of the groundwaters' levels and characteristics of space, meteorological, hydrological and geodynamic factors shaping mode at the territory of Dnipropetrovsk region is executed. The estimation of correlation parameters of hydrogeodynamic regime is carried out. In the investigated many years' time series the basic rhythms of oscillations are revealed which is the base of forecast of subsurface waters' mode.

**Key words:** exogenous geodynamic processes; subsurface waters' levels; factors shaping mode; statistical analysis.

*Науково-дослідний інститут гідрогеології, інженерної геології  
та екогеології, м. Івано-Франківськ*

Надійшла 12.04.2011