

ДО ПИТАННЯ АНАЛІЗУ СТІЙКОСТІ СКЛАДНИХ ГІДРОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЇ М. ЛУГАНСЬКА)

Наведено результати застосування методики аналізу стійкості складних гідродинамічних систем в умовах техногенного навантаження з використанням постійно діючої гідрогеологічної моделі території м. Луганська шляхом створення статистичних моделей розподілу величин гідродинамічних напорів.

In this paper was given the rating results of stability for studying complicated hydrodynamic systems that are under man-caused press conditions. For this purpose was used the constantly working hydrogeological model of Lugansk city territory and it was created the statistical models of hydrodynamic pressure distribution. It allowed recommend the rational construction of underground water monitoring system under conditions of action of the natural and anthropogenous factors that influence the regime of water intake wells operation.

Постановка проблеми. Розробка та наукове обґрунтування ефективних природоохоронних заходів щодо підземних вод неможливі без функціонування відповідних систем моніторингу. Саме тому створення оптима-

льних систем моніторингу підземних вод для оцінки стану та стійкості складних природних і природно-техногенних об'єктів під впливом антропогенного фактора є однією з актуальних наукових і практичних задач

сучасних гідрогеологічних досліджень. Прикладом такого об'єкту є територія м. Луганська. Сучасний стан об'єкту пов'язаний зі складною взаємодією природних факторів (геологічна будова, гідрогеологічні умови залягання та поширення основних водоносних горизонтів, кліматичні та гідрологічні умови регіону) та техногенних факторів (наявність великої кількості промислових підприємств із значним водоспоживанням у процесі виробництва та велика кількість населення із всіма наслідками, пов'язаними з господарським водопостачанням).

Аналіз проблеми. Для оцінки стану та стійкості гідрогеологічних систем під впливом антропогенного фактора, а також для гідрогеологічного прогнозування тепер використовуються головним чином детерміновані моделі, зокрема постійно діюча детермінована гідрогеологічна модель (ПДГМ) [1]. ПДГМ може бути також джерелом інформації для наукових і практичних розробок різного напрямку. Перевагою таких моделей є те, що вони найбільш точно дозволяють виявляти й оцінювати закономірності гідрогеологічних процесів формування сучасного режиму підземних вод, вивчати техногенний режим підземних вод і прогнозувати зміни режиму підземних вод під впливом існуючих і запроектованих водогосподарських та інших техногенних об'єктів. Проте реалізація детермінованих моделей ускладнюється тим, що вона вимагає великого обсягу вхідних даних про параметри системи і потребує багато часу, отже, великих грошових витрат.

У той же час можливості застосування інших, зокрема статистичних моделей для оцінки стану та стійкості гідрогеологічних систем під впливом антропогенного фактора, вивчені недостатньо. Статистичні моделі входять до групи математичних моделей, що вже знайшли своє застосування в геології та "засновані на передумові,

що інформацію про явище можна отримати в результаті дослідження малої вибірки, відібраної із значно більшої множини потенційно можливих спостережень за досліджуванним явищем" [2] чи об'єктом.

Постановка завдання. Метою дослідження є з'ясування можливості, доцільності і перспективності застосування статистичних моделей для аналізу стійкості складних гідродинамічних систем в умовах техногенного навантаження.

Методика та результати дослідження. Для вирішення даного питання була використана раніше створена за участю авторів ПДГМ м. Луганська. У процесі створення ПДГМ визначались величини гідродинамічного напору основного водоносного горизонту тріщинуватої зони верхньої крейди (K_2) на п'ять періодів часу: 1934, 1974, 1987, 1992, 2000 роки. Вибір часових періодів пов'язаний з певними етапами розвитку міських водозаборів та наявністю даних режимних спостережень за величинами напорів. При цьому період 1934 року можна вважати таким, що відповідає майже не порушеному гідрогеологічному режиму основного водоносного горизонту. Цей горизонт розповсюджений на всій території міста, що дає можливість говорити про неперервне поле гідродинамічного напору, яке і є власне об'єктом досліджень. Авторами була створена статистична модель розподілу величин гідродинамічних напорів основного водоносного горизонту для п'яти згаданих вище періодів часу.

Для отримання інформації, яка необхідна для створення статистичної моделі, використана випадкова схема розташування 60 точок спостережень за гідродинамічним напором основного водоносного горизонту на ПДГМ (рис. 1).

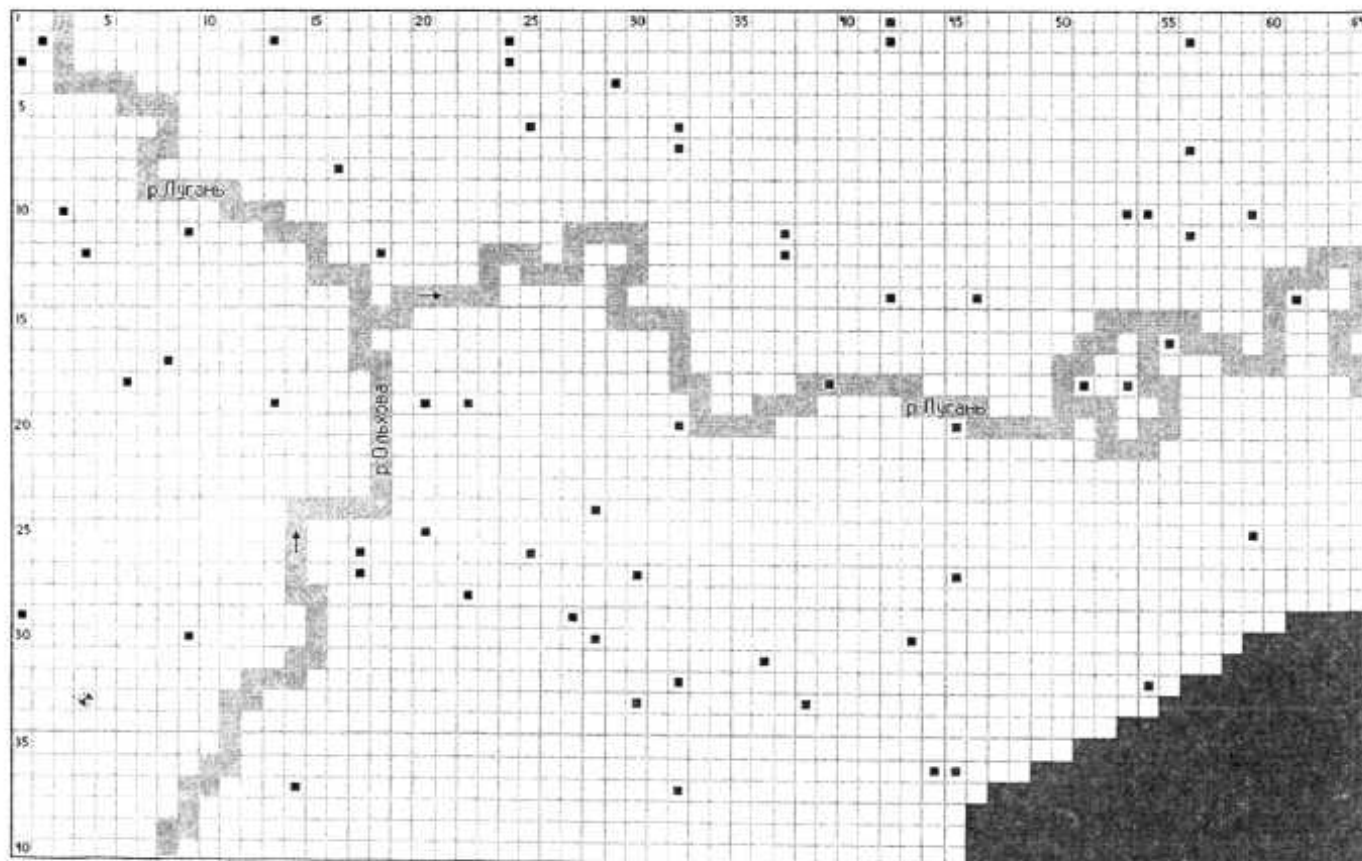


Рис. 1. Розташування точок за випадковою схемою на ПДГМ м. Луганська

Визначення достатньої кількості точок спостережень прийняте на основі відомих методик статистичних розрахунків. Як видно з рис. 1, точки, що розташовані за

випадковою схемою, досить рівномірно охоплюють поле моделі, а це у свою чергу дає підстави вважати, що

отримана вибірка буде достатньою мірою відображати генеральну сукупність.

Виходячи з наведеної на рис. 1 схеми, отримані числові масиви вибірових значень напорів для п'яти згаданих періодів часу.

Для кожного з масивів визначались такі статистичні характеристики:

- ✓ середнє арифметичне значення ($X_{\text{сеп}}$);
- ✓ медіана (Me);
- ✓ стандартне (середнє квадратичне) відхилення (σ);
- ✓ дисперсія (S);
- ✓ коефіцієнт ексцесу (E);
- ✓ коефіцієнт асиметрії (A);
- ✓ помилка визначення коефіцієнту ексцесу (σ_E).

✓ помилка визначення коефіцієнту асиметрії (σ_A);

Результати розрахунків наведено в табл. 1.

Величина помилок асиметрії та ексцесу становлять:
 $\sigma_E = 0,632456$, $\sigma_A = 0,316228$.

Відомо, якщо виконується правило, що $|E| < 3\sigma_E$ та $|A| < 3\sigma_A$ [2], то є підстави вважати, що вибірка з генеральної сукупності (величина напорів водоносного горизонту тріщинуватої зони верхньої крейди) підпорядковується нормальному закону розподілу випадкової величини.

Аналіз результатів розрахунку показує, що дане правило виконується тільки для періоду часу, що відповідає 1934 року. Для всіх інших періодів правило не виконується за величиною коефіцієнту асиметрії.

Таблиця 1. Результати визначення статистичних характеристик

Рік	1934	1974	1987	1992	2000
$X_{\text{сеп}}$	43,53545	48,69069	51,93612	55,93268	49,99649
Me	41,80716	40,7469	41,51159	42,66734	40,97431
σ	6,063907	16,61217	19,80436	24,13382	18,95667
S	36,77097	275,9643	392,2126	582,441	359,3553
E	-0,59144	0,594201	0,922979	0,642405	0,551368
A	0,651084	1,302675	1,389996	1,288493	1,266328

Досить наочними є графічні відображення даних розрахунків у вигляді загальновідомих графіків – гісто-

грам. На рис. 2 зображена гістограма, що відповідає вибірці 1934 року, а на рис. 3 – вибірці 1974 року.

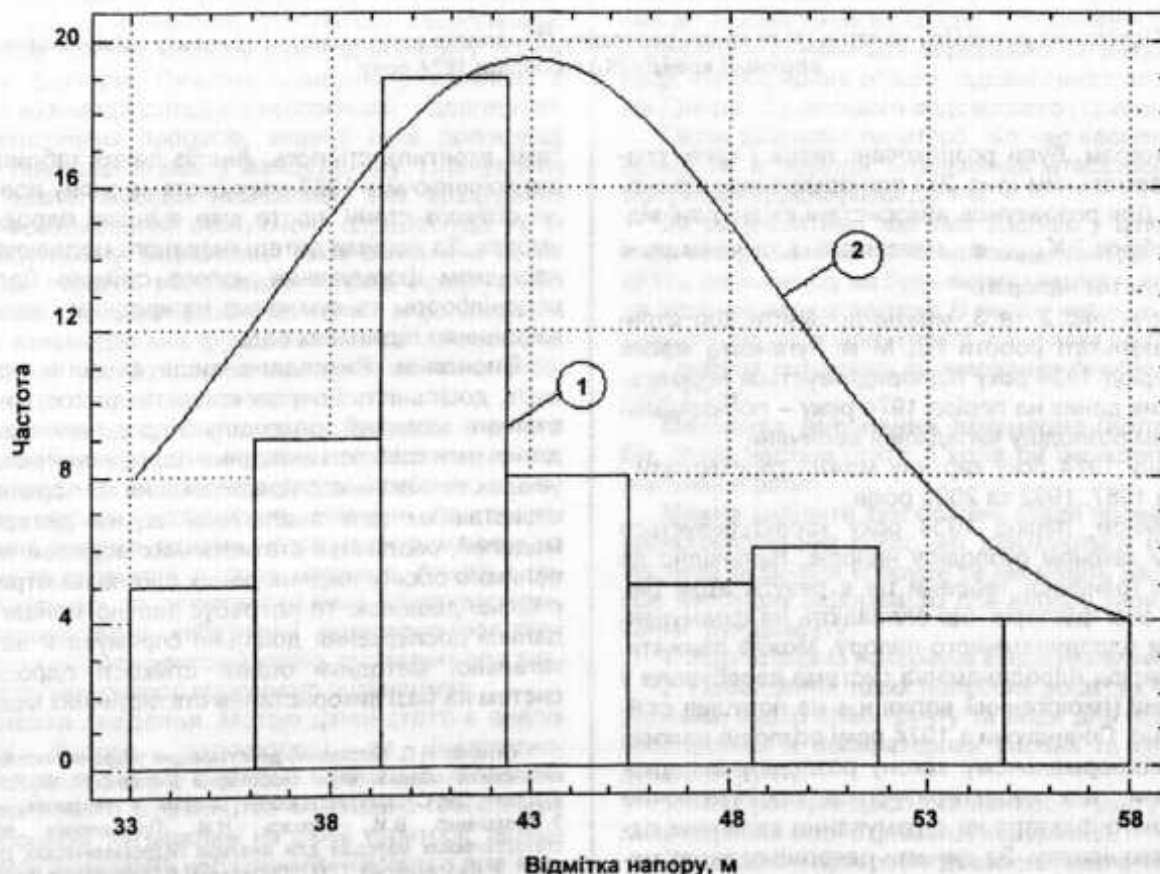


Рис. 2. Гістограма розподілу напорів (1) та крива розподілу (2) напорів водоносного горизонту тріщинуватої зони верхньої крейди (K_2) на період 1934 року

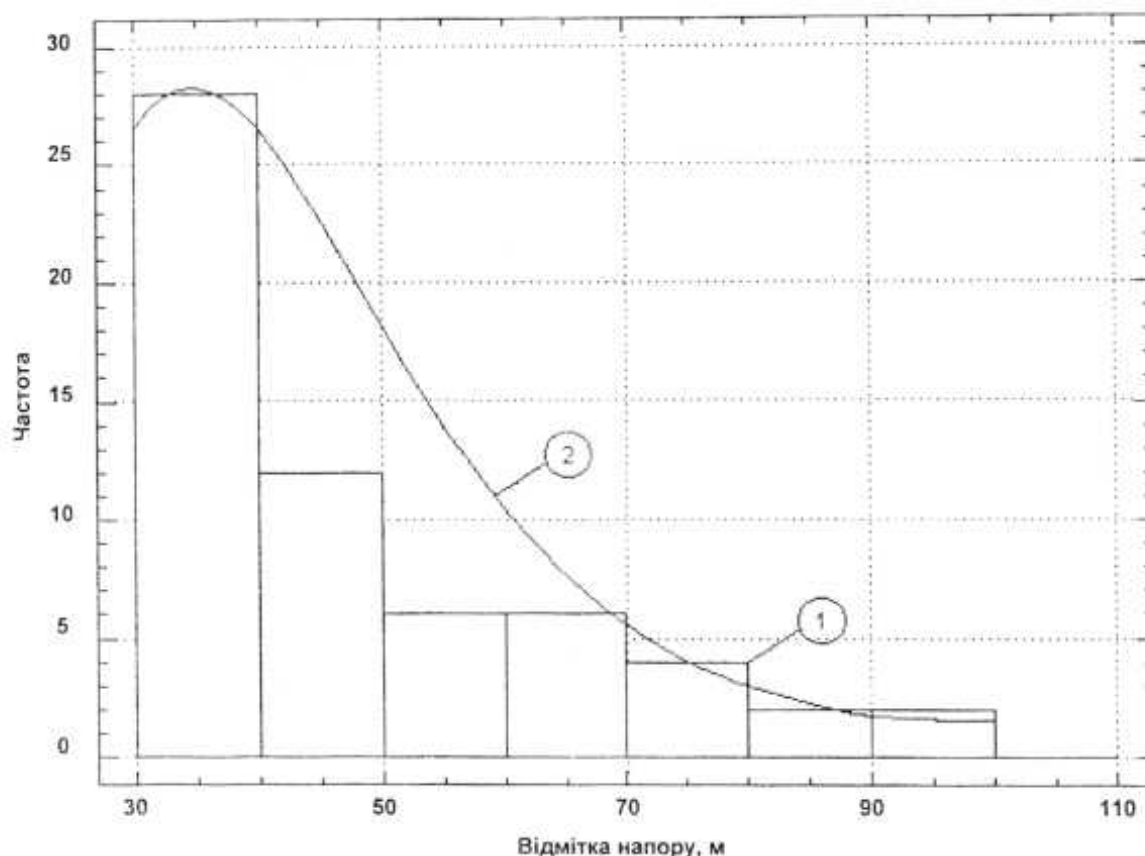


Рис. 3. Гістограма розподілу напорів (1) та крива розподілу (2) напорів водоносного горизонту тріщинуватої зони верхньої крейди (K_2) на період 1974 року

Крім гістограм, були розраховані також і криві розподілу за нормальним (рис. 2) і логнормальним законами (рис. 3). Для розрахунків використані вхідні дані відповідних вибірок ($X_{\text{сеп.}}$, σ , максимальні та мінімальні значення відміток напорів).

Аналізуючи рис. 2 та 3, можна побачити, що отриманий в результаті роботи ПДГМ м. Луганська масив даних на період 1934 року підпорядковується нормальному, а масив даних на період 1974 року – логнормальному законам розподілу випадкової величини.

Аналогічну 1974 року картину можна спостерігати і для масивів 1987, 1992 та 2000 років.

Таким чином, період 1934 року характеризується нормальним законом розподілу напорів. Відповідно до центральної граничної теореми це є результатом рівномірної дії всіх факторів, що впливають на формування величини гідродинамічного напору. Можна вважати, що на той період гідродинамічна система перебувала у стійкому стані (техногенний вплив ще не порушив стійкість системи). Починаючи з 1974 року розподіл напорів відповідає логнормальному закону розподілу випадкової величини, що характеризується переважаючим впливом одного фактора на формування величини гідродинамічного напору. За даними детермінованого моделювання таким фактором є техногенний вплив на гідродинамічну обстановку (робота водозабірних споруд і техногенне живлення). Отже, гідродинамічна сис-

тема втратила стійкість. Аналіз даних таблиці показує, що починаючи з 1987 року система знову повертається до стійкого стану, проте вже в інших гідродинамічних умовах. За даними детермінованого моделювання, це є наслідком формування нового стійкого балансу між водовідбором та сумарним (природним і техногенним) живленням підземних вод.

Висновки. Викладене вище свідчить про можливість, доцільність і перспективність застосування статистичних моделей розподілу гідродинамічних напорів для оцінки стійкості складних гідродинамічних систем в умовах техногенного навантаження. В порівнянні із використанням для аналогічної оцінки детермінованих моделей, реалізація статистичних моделей не вимагає великого обсягу вхідних даних про параметри системи, є більш дешевою та потребує значно менше часу. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку загальної методики оцінки стійкості гідродинамічних систем на базі використання статистичних моделей.

1. Огняник Н.С. Постоянно действующие гидрогеологические модели интенсивно осваиваемых территорий Украинской ССР. – К., 1991
2. Дэвис Дж.С. Статистический анализ в геологии. – М., 1990
3. Пелешенко В.И., Ромась Н.И. Применение вероятностно-статистических методов для анализа гидрохимических данных. – К. 1977.
4. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М., 1970.

Надійшла до редакції 22.09.04