

## ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 556.3:004.94

О. Кошляков, д-р геол. наук, доц.,  
О. Диняк, канд. геол. наук,  
І. Кошлякова, пров. інж.

### ВИСНАЖЕННЯ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ПИТНИХ ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ м. КИЄВА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.М. Коржневим)

*Розглядається питання зміни гідродинамічного стану водоносних горизонтів і комплексів в результаті порушення режиму експлуатації та охорони підземних вод на території м. Києва. Проаналізовано зміну стану питних водоносних горизонтів в умовах інтенсивної експлуатації. Виявлені основні закономірності виснаження та забруднення питних підземних вод, які пов'язані з техногенним навантаженням на водоносні горизонти.*

*Consider the question of change of hydrodynamic condition of aquifers and complexes resulting from violations of the exploitation and protection of groundwater in Kyiv. The change of state drinking water aquifer under intensive use. The basic patterns of depletion and contamination of potable drinking ground water associated with man-made stress on the aquifers.*

**Вступ.** Значна щільність населення, концентрація промислових і сільськогосподарських виробництв, що потребують великої кількості води, з багатовідходним технологічним процесом обумовили відчутний техногенний вплив на навколишнє середовище, у тому числі на підземні води. В умовах обмеженого і нерівномірного розміщення водних ресурсів по території постає проблема стійкого забезпечення водою з мінімальними екологічними і економічними втратами. Господарська діяльність, розробка родовищ корисних копалин, збільшення водоспоживання за рахунок підземних вод призводять до зміни стану підземної гідросфери. Сучасний водовідбір підземних вод не відповідає можливостям їх максимального використання. Так, на значній частині території України, за винятком півдня, існують сприятливі гідрогеологічні умови для збільшення використання підземних вод при обов'язковому забезпеченні раціонального режиму експлуатації та виконання необхідних водоохоронних заходів. Крім того, зростання використання захищених підземних вод для питногосподарчих потреб сприяє значному зниженню водно-екологічного ризику, зумовленого використанням забруднених поверхневих вод.

Також однією з найважливіших проблем є погіршення якості підземних вод внаслідок локального забруднення, пов'язаного як з техногенним навантаженням на водоносні горизонти (формування депресій, інтрузії забруднених вод), так і забрудненням ландшафтів і поверхневих вод (надходження хімічних сполук на орні

землі, радіонуклідів та ін.). Так, спостереження за показниками якості води на діючих водозаборах дають підставу констатувати наявну тенденцію до погіршення якості води, зростають концентрації нормованих компонентів тощо [4].

Значний водовідбір підземних вод при недотриманні встановленого режиму експлуатації водозаборів обумовлює виснаження запасів родовищ підземних вод та їх забруднення. При цьому відбувається перетікання підземних вод із суміжних водоносних горизонтів та інтенсифікація залучення поверхневих вод до живлення підземних, що відображається на їх якості. Також тривала інтенсивна робота водозаборів в певних геолого-гідрогеологічних умовах може викликати поступову деформацію та осідання денної поверхні, що негативно впливає на стан довкілля.

**Виклад основного матеріалу.** Масштаби і темпи змін екологічного стану підземних вод особливо відчутні в густонаселених районах з інтенсивною господарською діяльністю, де функціонують великі групові водозабори. Для розрахунків водозабір, який складається з великої кількості свердловин, замінюється узагальненою системою – так званим "великим колодязем", дебіт якого дорівнює сумарному дебіту усіх свердловин, що входять до системи [1].

Чисельні водозабори ("великі колодязі"), які експлуатуються на територіях промислових та міських агломерацій з метою забезпечення господарської діяльності, "стягують" до місць їх розташування фільтраційні

потоки та значною мірою впливають на стан підземного простору. Порушення природного режиму підземних вод під впливом техногенних факторів зумовлено зміною співвідношення живлення та розвантаження, в результаті чого спостерігаються:

- виснаження підземних вод з утворенням великих депресійних воронок внаслідок інтенсивного водозабору та водозниження в гірничих виробках;
- підтягування і проникнення солоних вод через інтенсивне відкачування підземних вод;
- підпір ґрунтових вод, зумовлений гідротехнічним будівництвом;
- підтоплення територій під впливом природно-техногенних факторів внаслідок водозабору.

В результаті утворення воронки депресії на урбанізованих територіях відбувається розширення зони активного водообміну між питними та вищезалягаючими водоносними горизонтами. Крім того, може відбуватися

інверсія градієнтів тиску, в результаті якої висхідні потоки змінюються низхідними.

Для територій з інтенсивним водогосподарським навантаженням значний водовідбір підземних вод призводить до перерозподілу гідродинамічних напорів у водоносних горизонтах, що кардинально змінює схему водообміну між поверхневими та підземними водами. Зміна водообміну може бути настільки суттєвою, що практично зникає природний режим підземних вод, відбувається значне виснаження водоносних горизонтів, погіршення якості та втрата родовищ підземних вод. Причини погіршення якості підземних вод різні і можуть бути як наслідком порушення природної гідрогеохімічної зональності, так і присутності в водовміщувальних породах мінералів, що стають джерелом додаткового надходження нормованих елементів, та складної взаємодії природних процесів й різноманітного техногенного впливу на підземні води.

Таблиця 1

## Великі колодязі на сеноман – келовейський водоносний комплекс (м. Київ)

| Назва ВК     | Площа загальна (км <sup>2</sup> ) | Площа незахищена (км <sup>2</sup> ) | Площа умовно захищена (км <sup>2</sup> ) | Затв. запаси тис. м <sup>3</sup> /добу | Водовідбір тис. м <sup>3</sup> /добу станом на 2003 р. |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Десна        | 19.4790                           | 0.0000                              | 19.47900                                 | 59.000                                 | 3.3890                                                 |
| Оболонь      | 8.9290                            | 0.0000                              | 8.92900                                  | 52.000                                 | 42.7130                                                |
| 3            | 0.8370                            | 0.0000                              | 0.83700                                  | 1.500                                  | 0.5040                                                 |
| 4            | 1.1510                            | 0.0000                              | 1.15100                                  | 6.400                                  | 1.3860                                                 |
| Виноградар   | 1.7930                            | 0.4130                              | 1.38000                                  | 7.200                                  | 12.2790                                                |
| Мінське шосе | 0.8200                            | 0.0000                              | 0.82000                                  | 4.000                                  | 4.2410                                                 |
| 5            | 0.7100                            | 0.3400                              | 0.37000                                  | 8.700                                  | 2.3450                                                 |
| 7            | 2.0640                            | 1.0100                              | 1.05400                                  | 11.700                                 | 0.2550                                                 |
| 6            | 0.7250                            | 0.4330                              | 0.29200                                  | 2.700                                  | 0.1850                                                 |
| Ново-Біличі  | 8.3500                            | 6.5710                              | 1.77900                                  | 1.400                                  | 0.8670                                                 |
| 11           | 1.2860                            | 0.0000                              | 1.28600                                  | 7.100                                  | 3.4220                                                 |
| 12           | 0.7950                            | 0.0000                              | 0.79500                                  | 7.000                                  | 5.0810                                                 |
| 10           | 1.0970                            | 0.0000                              | 1.09700                                  | 6.500                                  | 6.2500                                                 |
| 13           | 1.4670                            | 0.0000                              | 1.46700                                  | 3.800                                  | 5.1530                                                 |
| 14           | 0.9470                            | 0.3440                              | 0.60300                                  | 1.400                                  | 0.9640                                                 |
| 15           | 1.8010                            | 1.6120                              | 0.18900                                  | 3.900                                  | 2.4520                                                 |
| 16           | 1.4440                            | 0.0000                              | 1.44400                                  | 10.300                                 | 4.5860                                                 |
| 17           | 3.4500                            | 0.2860                              | 3.16400                                  | 14.300                                 | 0.1160                                                 |
| 29           | 0.9790                            | 0.0000                              | 0.97900                                  | 22.400                                 | 4.1600                                                 |
| 30           | 0.7750                            | 0.0000                              | 0.77500                                  | 1.700                                  | 1.3380                                                 |
| 31           | 0.3070                            | 0.0000                              | 0.30700                                  | 1.600                                  | 0.1480                                                 |
| 32           | 0.4870                            | 0.0000                              | 0.48700                                  | 5.200                                  | 0.7590                                                 |
| 33           | 0.9080                            | 0.0000                              | 0.90800                                  | 2.900                                  | 0.0660                                                 |
| 8            | 4.3380                            | 0.0000                              | 4.33800                                  | 0.200                                  | 0.0000                                                 |
| 19           | 0.8090                            | 0.0000                              | 0.80900                                  | 2.300                                  | 3.0940                                                 |
| 20           | 4.7000                            | 0.0000                              | 4.70000                                  | 14.500                                 | 3.2950                                                 |
| 21           | 0.9850                            | 0.6510                              | 0.33400                                  | 14.500                                 | 0.0000                                                 |
| 25           | 4.0850                            | 2.0780                              | 2.00700                                  | 23.800                                 | 17.2890                                                |
| 24           | 0.5320                            | 0.0000                              | 0.53200                                  | 4.900                                  | 2.6870                                                 |
| 18           | 2.7010                            | 1.4950                              | 1.20600                                  | 0.600                                  | 0.2150                                                 |
| 22           | 1.2090                            | 0.0000                              | 1.20900                                  | 3.200                                  | 1.4600                                                 |
| 36           | 0.4060                            | 0.0000                              | 0.40600                                  | 0.700                                  | 1.0440                                                 |
| 34           | 0.4140                            | 0.0000                              | 0.41400                                  | 1.400                                  | 0.0640                                                 |
| 35           | 1.5540                            | 0.0000                              | 1.55400                                  | 6.900                                  | 0.5880                                                 |
| 38           | 0.7350                            | 0.0000                              | 0.73500                                  | 2.700                                  | 0.4520                                                 |
| 41           | 0.1550                            | 0.0000                              | 0.15500                                  | 0.900                                  | 0.0000                                                 |
| 37           | 0.4610                            | 0.0000                              | 0.46100                                  | 3.100                                  | 2.0630                                                 |
| Бортничі     | 22.0180                           | 0.0000                              | 22.01800                                 | 65.000                                 | 0.8700                                                 |
| 39           | 2.5200                            | 0.0000                              | 2.52000                                  | 0.400                                  | 0.0270                                                 |
| 40           | 2.9950                            | 0.0000                              | 2.99500                                  | 1.300                                  | 0.9900                                                 |
| 28           | 0.8510                            | 0.7970                              | 0.05400                                  | 0.600                                  | 0.1260                                                 |

При багаторічній експлуатації водозабірних споруд на територіях промислово-міських агломерацій можливі зміни тих чи інших компонентів природного середовища. Масштаби цих змін визначаються гідрогеологічними умовами. Слід відзначити, що до останнього часу будь-яких цілеспрямованих науково-дослідних і узагальнюючих робіт по оцінці можливих змін геологічного

середовища під впливом експлуатації підземних вод практично не проводилось. Режимні спостереження за окремими компонентами природного середовища в процесі експлуатації водозабірних підземних вод майже не проводяться. При цьому, якщо спостереження за витратами водозабірних споруд, рівнями підземних вод та вмістом в них деяких хімічних компонентів все ж таки

проводиться (але їх недостатньо), то спостереження за змінами поверхневого стоку, положенням поверхні землі, розвитком суфозійних та карстових процесів, змінами ландшафту і т. ін., майже, по суті, не виконуються.

Для м. Києва, як і для більшості промислово-міських агломерацій, актуальною є проблема забруднення та виснаження питних водоносних горизонтів.

Слід зазначити, що гідрогеологічні умови правобережної та лівобережної частини м. Києва відрізняються. Відповідно до геологічної будови на території м. Києва виділяють водоносні горизонти та комплекси, які приурочені до четвертинних, олігоцен-пліоценових, еоценових, сеноман-келовейських, середньоруських відкладів [2].

Для організації централізованого водопостачання м. Києва найбільше практичне значення мають водоносний комплекс (сеноман-келовейський) у відкладах іваноцької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди ( $J_2$  зів+ $K_1$ -2zg-br) та водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри ( $J_2$ or), які експлуатуються понад 100 років. З точки зору формування їхнього якісного складу велику роль відіграють водоносні горизонти, що виступають у ролі живлячих (у першу чергу, перші від поверхні землі). Водоносний горизонт еоценових відкладів використовується дрібними водокористувачами для технічного водопостачання за допомогою свердловин на околицях м. Києва.

Перша узагальнена оцінка експлуатаційних запасів прісних підземних вод в районі м. Києва була проведена в 1972 році [2]. В 1978 році виконано роботи з оцінки експлуатаційних запасів підземних вод на ділянках "Виноград" і "Десна", а в 1984 році – на ділянці "Бортничі I – II". За станом на 01.01.2004 кількість затверджених запасів по у м. Києві складає 288,7 тис. м<sup>3</sup>/д (табл. 1), в тому числі по "Великих колодязях" на правобережжі Дніпра – 171,2 тис. м<sup>3</sup>/д і на лівобережжі Дніпра 117,5 м<sup>3</sup>/д [4].

Рівень підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу в не порушених умовах знаходився на абсолютній позначці +106 м [4]. З кожним роком експлуатації водовідбір із цього водоносного горизонту постійно збільшувався, а рівень знижувався. На період оцінки запасів підземних вод району м. Києва в 1972 році в правобережній частині міста максимальна глибина депресійної воронки складала 65 – 68 м. Всі діючі тут водозабори оконтурювалися гідроізоп'єзою з абсолютною відміткою +65 м. Починаючи з 1970 року в правобережній частині міста вводилися в дію нові водозабори. Водовідбір значно збільшився, у зв'язку з чим депресійна воронка продовжувала формуватися по площі і на глибину. В 1986 році в м. Києві був досягнутий максимальний водовідбір 209,3 тис. м<sup>3</sup>/д, з них водозаборами правобережної частини м. Києва відбиралося 170,3 тис. м<sup>3</sup>/д. Темп зниження п'єзометричного рівня в середньому складав 2–3 м на рік [3]. Аналіз п'єзометричної поверхні сеноман-келовейського водоносного комплексу в умовах експлуатації за станом на 1987 рік показує, що водозабори правобережної частини міста оконтурювалися гідроізоп'єзою з абсолютною відміткою +10 м. (табл. 2)

Таблиця 2

**Зміна гідродинамічних напорів сеноман-келовейського водоносного комплексу в умовах експлуатації**

| Рік              | гідроізоп'єза, м |
|------------------|------------------|
| Непорушені умови | + 106            |
| 1972             | + 65             |
| 1980             | + 30             |
| 1987             | +10              |
| 1999             | +10              |

Необхідно зазначити грандіозний масштаб антропогенних змін природних геологічних умов у районі

м. Києва. За останні 100 років свого існування докорінно змінився рельєф міста, гідрографічна мережа, гідро-геологічна ситуація, інженерно-геологічні властивості порід верхніх геологічних горизонтів. Значне поширення насипних ґрунтів зневолювало поверхню, знищено багато природних геоморфологічних елементів рельєфу. Засипані болота, озера, яри; річкові долини і кар'єри зараз складають значну частину міської території. Наявність величезної кількості старих колодязів, погребів, ям, комунікацій дренажів тощо, пройдених у різні часи існування міста, також у значній мірі змінило природні гідрогеологічні умови.

Інтенсивне господарське освоєння поверхневого шару міста і глибозалягаючих водоносних горизонтів різко порушило і природну гідрогеохімічну рівновагу. Головними факторами впливу на сьогодні є підземне будівництво, в основному метрополітену, і експлуатація глибоких водоносних горизонтів великою кількістю водозаборів.

Виймка порід при будівництві метрополітену призводить до утворення в районі гірничих виробок зон, у межах яких породи набувають принципово нових фізико-механічних властивостей і якісних станів. Одночасно в результаті водозниження і водовідбору різко змінюється і режим підземних вод.

Все це істотно впливає на формування хімічного складу підземних вод і, в першу чергу, четвертинного та еоценового горизонтів. Води четвертинних відкладів вже тривалий час не використовуються для питного водопостачання в результаті погіршення якості води.

На основі детального аналізу зміни в часі дебітів водозаборів і рівнів підземних вод, аналізу карт гідроізоп'єз, що відображають п'єзометричні поверхні у природному стані та в умовах експлуатації на різні періоди часу, можливо визначити джерела сучасного формування експлуатаційних запасів сеноман-келовейського та середньоруського водоносних горизонтів.

Так, для сеноман-келовейського водоносного комплексу, у багаторічному розрізі, зниження рівнів підземних вод загалом пропорційні збільшенню водовідбору, що характерно для умов, коли водовідбір забезпечений постійними джерелами поповнення запасів. Форма п'єзометричної поверхні і характер її зміни в часі, а також порівняно невеличкий радіус загальної воронки депресії (10–12 км) свідчать про додаткове живлення згаданого комплексу, що надходить через роздільний прошарок мергельно-крейдових порід верхньої крейди з водоносного комплексу еоценових відкладів [1]. Це підтверджується воронкою депресії, що утворилася в еоценовому водоносному горизонті, який у м. Києві практично не експлуатується.

Найбільш інтенсивне живлення сеноман-келовейського водоносного комплексу відбувається в долині р. Дніпро, де в результаті розмиву київських мергелів, які перекривають еоценовий водоносний комплекс, останній безпосередньо пов'язаний з обводненими алювіальними відкладами і поверхневими водами. Менш інтенсивно додаткове живлення надходить на всій іншій площі, де розповсюджені київські мергелі. Про це переконливо свідчить той факт, що в межах м. Києва загальна депресійна воронка чітко диференціюється на дві: право- і лівобережну з добре вираженим вододілом у заплаві Дніпра, де зниження рівнів не перевищують 50 м [4].

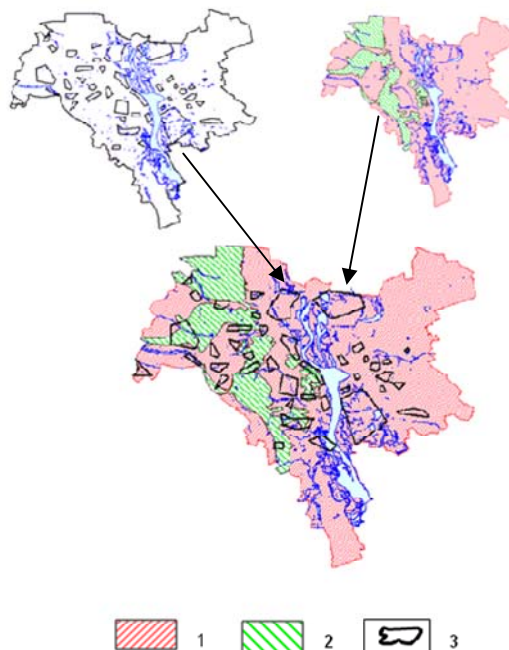
У водоносному горизонті середньоруських (байоських) відкладів відзначається деяке зростання питомого зниження, хоча в окремі періоди ця величина залишається постійною. Зіставлення результатів розрахунків знижень рівнів, виконаних для умов ізолюваного пласта на минулі моменти часу, з даними експлуатації пока-

зує значне перевищення розрахункових знижень над фактичними. Значення узагальнених коефіцієнтів п'єзо-проводності нижчі дослідних. Отримані дані дозволяють зробити висновок про те, що існують додаткові джерела формування експлуатаційних запасів підземних вод середньокорських відкладів. Проте, у порівнянні із сеноман-келовейським комплексом, умови живлення цього горизонту менш сприятливі, про що свідчать значні розміри воронки депресії (радіус близько 60 км).

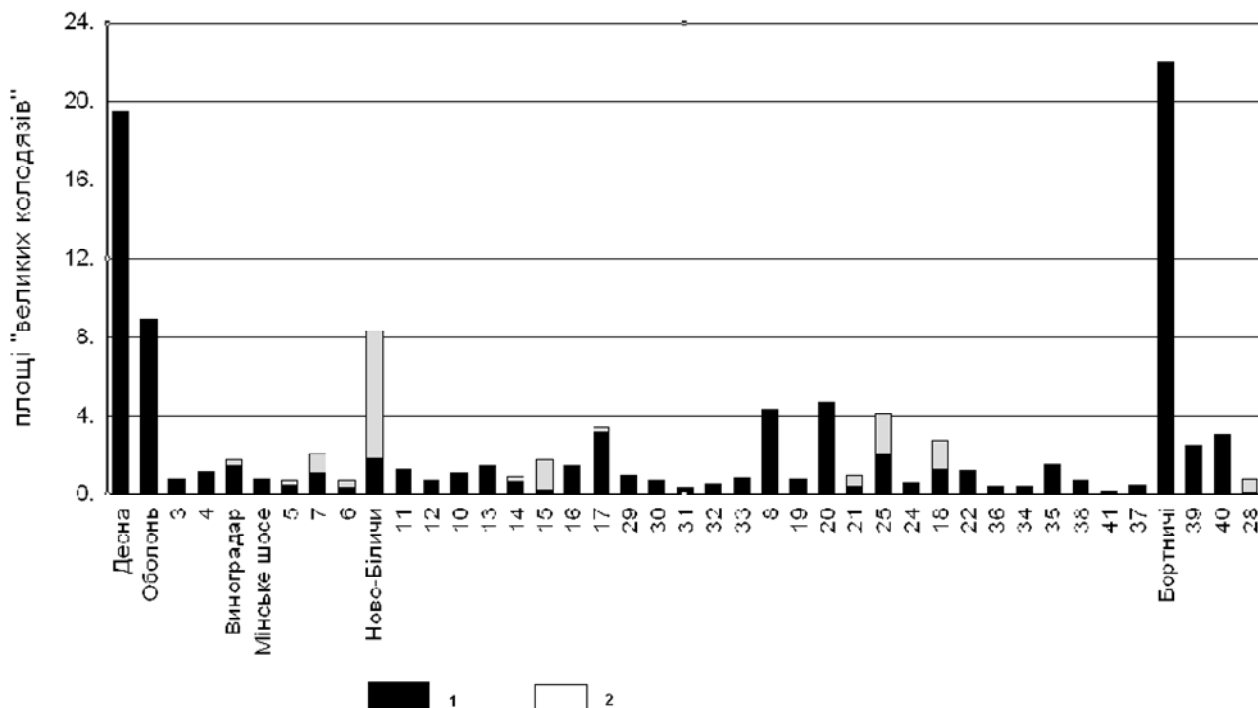
Таким чином, водовідбір із середньокорського водоносного горизонту значною мірою забезпечується додатковим живленням, що може надходити тільки через його покрівлю. Це підтверджується в ході гідрогеотермічних досліджень у свердловинах: аналізу ступеня і характеру засоленості батських глин; досліджень вмісту радіоуглецю  $C^{14}$  у підземних водах [3].

При аналізі отриманих результатів та вивченні карт захищеності підземних вод м. Києва автори даної статті виконали оверлейний аналіз (накладання) карт розташування "великих колодязів" та карт захищеності поверхневих водоносних горизонтів. Накладання поверхонь виконано в середовищі ГІС.

В результаті отримані карти (рис.1) та зіставлені площі умовно захищених та незахищених ґрунтових вод на ділянках розташування 28 "великих колодязів" сеноман-келовейського водоносного горизонту (рис.2).



**Рис. 1. Карта-схема розміщення "великих колодязів" у сеноман-келовейському водоносному горизонті з урахуванням захищеності першого від поверхні водоносного горизонту від забруднення:**  
1 – площа умовно захищених підземних вод; 2 – площа незахищених підземних вод; 3 – "великі колодязі"



**Рис 2. Співвідношення площ умовно захищених (1) та незахищених (2) ґрунтових вод на ділянках розташування "великих колодязів" сеноман-келовейського водоносного горизонту для території м. Києва**

Незважаючи на те, що водоносний горизонт сеноман-келовейських відкладів захищений на правобережжі та умовно захищений на лівобережжі р. Дніпро, а водоносний горизонт у відкладах середньої юри захищений по всій площі розповсюдження в м. Києві, проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок про те, що в разі подальшого переважання низхідних потоків (в результаті зниження рівнів внаслідок збільшення водовідбору) та збільшення живлення во-

доносних горизонтів за рахунок ґрунтових вод може відбуватися погіршення якості питних підземних вод.

#### Висновки:

1. До основних наслідків експлуатації питних водоносних горизонтів на території м. Києва відносяться: зміна режиму і балансу підземних вод, що експлуатуються, і суміжних з ними водоносних горизонтів; формування великих депресійних воронок; зміна напрямку руху підземного потоку, трансформація областей роз-

вантаження в області живлення; зміна якості підземних вод по площі і в перерізі; зниження рівня ґрунтових вод та пов'язані з цим процеси зміни ландшафтних умов.

2. Водонасні горизонти і комплекси м. Києва пов'язані між собою у вертикальному розрізі; на даний час на території м. Києва переважають процеси спадної фільтрації, які обумовили перетікання підземних вод із вищезалягаючих в нижчезалягаючі водонасні горизонти; в результаті техногенної діяльності зростає інтенсивність і глибина водообміну, його переважно вертикальний характер.

3. Незважаючи на природну захищеність питних підземних вод у м. Києві, в разі подальшого переважання низхідних потоків (в результаті зниження п'єзометричних рів-

нів при збільшенні водовідбору) та збільшення живлення водонасних горизонтів за рахунок ґрунтових вод, може відбуватися погіршення якості питних підземних вод.

1. Боровский Б.Д., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод : Пособие. — К., 1989. 2. Гидрогеологические условия и оценка эксплуатационных запасов подземных вод района г. Киева (по состоянию на 01.01.1972 г.) — ПДРГП, 121 с. 3. Изучение режима подземных вод, контроль за их охраной по территории Киевской, Житомирской и Черниговской областей за 1988–1990 гг. с обобщением материалов за 1986–1990 гг. — Геоинформ. — 135 с. 4. Розробка схеми розвитку системи водопостачання м. Києва за рахунок підземних вод на період до 2020 року — Звіт від 01.12.03 НАН України. — 153 с.

Надійшла до редколегії 08.02.12