

УДК 556.314(477-25)

Т. Кошлякова, асп.

## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ЩОДО ЗМІН СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД У М. КІЄВІ

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

*Представлені результати опрацювання фондів та літературних джерел, присвячених дослідженням гідрогеологічних умов м. Києва. Виявлені тенденції змін гідродинамічних та гідрохімічних умов водоносних горизонтів. Проаналізовані можливі чинники змін цих умов.*

*Scrutinizing results of library stock and literary sources, devoted to Kyiv hydrogeological conditions investigation are presented. Hydrodynamic and hydrogeochemistry conditions changes tendencies of aquifers are revealed. Possible changes factors of these conditions are analysed.*

**Актуальність проблеми.** Прісна вода на нашій планеті становить близько одного відсотка обсягу запасів гідросфери і є одним із найцінніших природних ресурсів. Стірмке зростання населення Землі, потужний техногенний прес на довкілля спричинили різке зростання проблеми якісної питної води. А тим часом від її розв'язання чималою мірою залежить подальший розвиток нашої цивілізації. Саме на цьому наголошувалося у рішеннях міжнародних конференцій, що відбулися у Ріо-де-Жанейро (1992), Нью-Йорку (1997) та Йоганнесбурзі (2003). Проблема забезпечення питною водою є однією з найактуальніших і для України. Враховуючи незадовільну якість води у поверхневих водостоках, істотні витрати на її очищення і неможливість ефективного захисту від техногенних забруднень, стратегічного значення набувають пошук і використання підземних прісних вод для потреб населення. Україна належить до держав, які мало забезпечені водними ресурсами (менше 1000м<sup>3</sup>/рік на одного мешканця, тоді як ООН вважає достатнім цей показник на рівні 10-15тис.м<sup>3</sup>/рік). Надійно захищені від забруднення, підземні води є стратегічним ресурсом, оскільки за деяких надзвичайних ситуацій вони стають єдиним надійним джерелом питного водопостачання населення, отже, забезпечують одну із основних умов життя людей[1].

Київ є великим мегаполісом, що розвивається. Цілком закономірним є збільшення попиту на чисту питну воду. Наразі населення міста постачається водою за рахунок змішаних поверхневих та підземних вод. Зважаючи на незадовільний стан річкової води та застарілі водопровідні мережі, які самі по собі є джерелом забруднення, актуальною стала ідея впровадження щільної мережі біюветних комплексів з метою забезпечення населення безпечною прісною водою. Однак, зважаючи на тривалий термін експлуатації (понад 100 років), не могли не відбутися зміни у зоні активного водообміну, в

межах якої поширені водоносні горизонти та комплекси, з яких відбирається вода. Тому дослідження цих змін як на якісному, так і на кількісному рівні, дозволить відслідкувати та попередити вичерпання ресурсів підземних вод, а також погіршення їх стану.

**Аналіз проблеми.** Київ є традиційним споживачем підземних вод. Основні водоносні горизонти, що використовуються для водопостачання, приурочені до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди та відкладів орельської світи байоського ярусу середньої юри. Перші глибинні свердловини для водопостачання були пробурені наприкінці XIX століття. З моменту їх уведення і до сьогоднішнього дня здійснюється постійне нарощування відбору підземних вод. Наприклад, розвиток водопостачання за рахунок водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди здійснювався таким чином.

У 1915 році на правому березі р. Дніпро у Києві експлуатувалося 27 свердловин з сумарним водовідбором 28,8 тис. м<sup>3</sup>/добу. З них 20,3 тис. м<sup>3</sup>/добу відбиралося зі свердловин, розташованих в долині р. Дніпро (Подільська насосні станція) і 8,4 тис. м<sup>3</sup>/добу – зі свердловин, що знаходяться в долині р. Либідь. Зниження рівнів від первинних складало 5–10 м.

До 1935 р. при водовідборі 55 тис. м<sup>3</sup>/добу зниження напорів відповідно склало 20 і 35 м. Одночасно відмічається інтенсивне зростання воронок депресії в плані та відбувається їх злиття. Утворюється єдина правобережна депресійна воронка, обмежена р. Дніпро.

На лівому березі р. Дніпро інтенсивний водовідбір розпочався у 1935 р. Біля кожного водозабору утворюються локальні депресійні воронки. Загальна лівобережна депресійна воронка формується у 1970 р. [2]

В наш час зниження рівня досягло в м. Києві 50м. Це привело до спрацювання напорів на деяких територіях правобережжя Дніпра. В переважній частині міста напір над покрівлею сеноман-келовейських відкладів не нижче 20м і зростає в північно-східному напрямку. Депресійна воронка розвинута в межах всієї міської території Києва. окрім локальних воронок в північній і південній частинах території мають невеликі зниження (до 4-х метрів) і з "кіївською" воронкою не взаємодіють. Внаслідок порушення рівневого режиму сеноман-келовейського водоносного комплексу сталася інверсія умов водообміну з вищезаллягаючими водоносними комплексами в південній частині м. Київ і на лівобережжі Дніпра. Тепер тут відбувається живлення даного водоносного комплексу за рахунок низхідної фільтрації з інтенсивністю 0,1-1,0 л/сек. км<sup>2</sup>.

В межах більшої частини території, що охоплена воронкою депресії, сталося або зниження розвантаження (наприклад, в долині р. Здвиж до тисячних долей л/сек.км<sup>2</sup>), або збільшення живлення (максимальне – на ділянках концентрованого водовідбору в м. Києві, де модулі досягли значень 7 л/сек. км<sup>2</sup>).

Сумарне для "Великого Києва" висхідне розвантаження сеноман-келовейського водоносного комплексу складає 94 тис. м<sup>3</sup>/добу, а низхідне живлення – 534 тис. м<sup>3</sup>/добу [1].

Закономірності живлення та розвантаження підземних вод напірних горизонтів у природніх та порушеніх експлуатацією умовах можуть бути простежені на основі наявних гідродинамічних, ізотопних та геотермічних даних.

Аналіз рівнів підземних вод водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди, що отриманий по замірам у ряді свердловин, виконаним до початку експлуатації, показав, що конфігурація п'єзометричної поверхні цих вод визначається характером сучасного рельєфу, максимальні абсолютні відмітки п'єзометричних рівнів приурочені до межиріч Дніпро-Ірпінь. Найбільш істотне зниження рівнів відмічається у долині р. Дніпро. Створення максимальних гідродинамічних напорів в межах водороздільних просторів свідчить про живлення сеноман-келовейського водоносного комплексу за рахунок вертикальної фільтрації води з вищезаллягаючими водоносними горизонтами у природніх умовах [2].

Найбільш інтенсивно живлення водоносного горизонту відбувається в долині р. Дніпро, де в результаті розмиву кіївських мергелів вищезаллягаючий горизонт еоценових відкладів безпосередньо пов'язаний з обводненими алювіальними відкладами та поверхневими водами.

Результати, отримані за допомогою різних методів, однозначно свідчать про те, що поверхово залягаючі водоносні горизонти у районі м. Києва утворюють єдину гіdraulічно пов'язану водообмінну систему.

В результаті інтенсивного водовідбору з водоносного комплексу у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди, а також водоносного горизонту у відкладах орельської світи байоського яруса середньої юри у Києві переважає процес низхідної фільтрації, що обумовило формування експлуатаційних запасів підземних вод вказаних горизонтів за рахунок вищезаллягаючих горизонтів і поверхневих вод. При цьому долина р. Дніпро, яка у природніх умовах була основним контуром розвантаження, на сьогоднішній день перетворилася на додаткову область інтенсивного живлення поверхової системи горизонтів. [2].

**Вивчення хімічного складу підземних вод.** Достовірність гідрохімічних досліджень залежить від застосуву-

ваних методів аналізу хімічного складу підземних вод. Тим часом підземні води являють складне і важке для хімічного аналізу багатокомпонентне середовище. При гідрохімічних дослідженнях обирають серед безлічі методів такі, що дозволяють одержати при певному хімічному складі підземних вод максимальну і точну інформацію.

Для сучасного розвитку хіміко-аналітичних досліджень підземних вод характерні такі тенденції: збільшення кількості компонентів, що визначаються, тих, що містяться у водах у мікроконцентраціях; збільшення меж визначення (чутливості визначення) багатьох елементів; удосконалення і створення нових експресивних і високочутливих інструментальних методів визначення мікрокомпонентів, особливо фізичних; розширення робіт з методів визначення органічних речовин підземних вод, газів та ізотопів.

На сьогодні для визначення хімічного складу підземних вод, поряд із класичними хімічними методами (ваговим, об'ємним), широко використовують такі фізико-хімічні методи, як колориметрія, фотолюмінесценція, потенціометрія, кондуктометрія та інші, а також інструментальні фізичні методи – атомно-абсорбційна спектрометрія, газова і рідинна хроматографія, ультрафіолетова та інфрачервона спектрометрія, радіоактиваційні методи тощо [3].

Донедавна в Україні діяли одночасно два нормативні документи, що регламентують якість питної води: ГОСТ 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги та контроль за якістю" та ДСанПіН 136/1940 "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання". ДСанПіН діє з 1996 року, в ньому була збільшена кількість нормативів (28 – в ГОСТі, 56 – в ДСанПіНі), які для деяких показників стали більш жорсткими, з'явилися рекомендації відносно значень показників фізіологічної повноцінності мінерального складу води [4].

Наразі діють два нових нормативних документи: ДСТУ 4808:2007 "Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання" та ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною".

У якості критеріїв безпеки питної води у епідемічному відношенні та безпечності по хімічному складу у згаданих нормативних документах використовуються мікробіологічні, органолептичні, фізико-хімічні та токсикологічні параметри. Для основних показників хімічного складу підземних вод регламентовані значення гранично допустимих концентрацій (ГДК). ГДК визначається як така концентрація хімічних елементів та їх сполук у воді, яка при щоденному впливові протягом тривалого часу на організм людини не викликає патологічних змін або захворювань [5].

Вивчаються підземні води за допомогою режимної мережі, що являє собою систему свердловин, пробурених з метою проведення моніторингу. У кожній свердловині через фіксовані проміжки часу проводяться спостереження за величинами напорів підземних вод, за хімічними та фізичними показниками води. Отримані з режимної мережі дані дозволяють узагальнювати інформацію та робити висновки, відслідковувати тенденції змін стану досліджуваної гідрохімічної системи і робити прогнози.

**Захищеність підземних вод та фактори формування хімічного складу.** Під природною захищеністю підземних вод розуміється сукупність геологічних, гідрохімічних і гідродинамічних умов, що перешкоджають проникненню забруднюючих речовин з поверхні землі в водоносні горизонти. До них відноситься глибина залягання підземних вод, літологічний склад порід зони ае-

рації, потужність та водопроникність водотривких порід, величина напору та співвідношення рівнів ґрунтових і напірних вод. Водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди є захищеним на правобережжі р. Дніпро і умовно захищеним на лівобережжі. Це пов'язано з тим, що на лівому березі у геологічному розрізі відсутні неогенові глини, а також шар неогенових та палеогенових пісків, що поширені на правому березі р. Дніпро

Водоносний горизонт, приурочений до відкладів орельської світи байоського яруса середньої юри, є захищеним по всій площині розповсюдження в межах м. Києва. Природну захищеність підземних вод від впливу зовнішніх джерел забруднення забезпечують водотривкі товщі, які мають місцеве і регіональне розповсюдження, а також гідродинамічні умови водоносних горизонтів. Геологічний розріз родовища від поверхні землі до 24,0–33,0 м складений четвертинно-неогеновими суглинками і глинами місцевого розповсюдження. Нижче залягають водотривкі товщі, що мають регіональне розповсюдження: товща київських мергелів (від 42,0–47,0 м до 68,0–76,0 м), товща канівських глин (від 100,0–117,0 м до 115,0–127,0 м), мергельно-крейдова товща (від 115,0–127,0 м до 130,0–136,0 м) та глини підлужної і ніжинської світі середньої юри (від 156,0–189,0 м до 265,0–270,0 м). Виходячи з цього, водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського яруса середньої юри достатньо захищений за літологічними показниками від забруднення з поверхні землі. Потужність осадових порід, що знаходяться в покрівлі цього водоносного горизонту, складає 265,0–270,0 м, з яких 139,0–192,0 м (52–71 %) водотривкі породи, що мають регіональне розповсюдження. Напір водоносного горизонту вказує на гідродинамічну захищеність водоносного горизонту [6].

Що стосується факторів формування хімічного складу підземних вод, то американські дослідник Г. Меддокс та ін. виділяють такі: хімічний склад опадів, поверхневі умови в зоні живлення, тип ґрунтів у зоні живлення, мінералогія та склад системи водоносного горизонту, природа пористості та структури системи водоносного горизонту, схема потоку у системі водоносного горизонту, темпи водообміну, перемішування з іншими водами у системі водоносного горизонту, мікробіологія водоносного горизонту [7].

Поряд з природними факторами, обумовлюючими формування підземних вод, великий вплив на них має техногенна діяльність на території м. Києва.

Техногенні процеси приводять до забруднення підземних вод і виснаження водоносних горизонтів за рахунок інтенсивної експлуатації. В теперішній час техногенні процеси спричинили великий вплив на підземні води Києва.

Великий вплив на живлення ґрунтових вод спрямлюється техногенний фактор – зрошення, втрата води з водопровідної, каналізаційної та теплової мереж, що призводить до підвищення рівнів і виникнення верховодки, яка переходить як наслідок до четвертинних горизонтів.

До основних причин зміни хімічного складу вод слід віднести: підвищення рівнів ґрунтових вод у зв'язку з засипанням ярів та балок, за рахунок бетонування русел річок та ін., що призводить до зменшення градієнта фільтрації; значне скорочення відкритих для інфільтрації площ за рахунок забудови та асфальтування (у Києві закрита частина складає близько 85 %), що погіршує промивний режим; взаємозв'язок ґрунтових вод з захороненими продуктами діяльності людини.

На зміни хімічного складу підземних вод у бік його погіршення впливають різні забруднювачі, до яких на-

лежать забруднене атмосферне повітря та різноманітні промислові об'єкти, що є потенційними джерелами забруднення.

Токсичні речовини, які містяться в атмосфері, разом із дощем та снігом випадають на земну поверхню, що сприяє забрудненню зони аерації та ґрунтових вод.

Наряду з викидами в атмосферу, потенційними джерелами забруднення поверхневих та підземних вод є неочищені або не зовсім очищені стічні води промислових установ, автопідприємств, транспортних депо та ін.

З метою оцінки умов захищеності підземних вод від забруднювачів та відображення джерел забруднення побудована схематична карта умов захищеності та джерел можливого забруднення підземних вод.

На карті, в залежності від наявності різних за проникністю та потужністю піщано-суглинистих відкладів зони аерації, територія Києва поділяється на площині умовно захищених та незахищених ґрунтових вод. На незахищених і, у меншій мірі, на умовно захищених площах ґрунтові води можуть забруднюватися токсичними речовинами, що містяться в атмосфері та стічних водах промислових, автотранспортних, комунальних та інших підприємств.

Описані зміни гідродинамічного режиму підземних вод, викликані діяльністю людини, в свою чергу впливають на зміни гідрохімічного режиму підземних вод, а діяльність людини – на їх забруднення [2].

Дослідження змін гідрохімічного стану питних підземних вод м. Києва. У середовищі програми MapInfo Professional була виконана типізація території м. Києва за геоморфологічними ознаками: рівнинна частина Придніпровської височини, лесові останці Придніпровської височини, долина р. Либідь, долина р. Дніпро та частина Придніпровської низовини (рис.1).

На основі фондових матеріалів були систематизовані результати хімічного аналізу підземних вод водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди, для експлуатаційних свердловин, пробурених на території м. Києва. Дані були згруповані для різних періодів часу – 60–80 рр., 90-ті рр. ХХ ст., 2000-і рр. ХХІ ст., а також для різних геоморфологічних типів. Гідрогеологічна інформація була проаналізована з точки зору вимог Національного стандарту України ДСТУ 4808:2007 "Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил вибирання". Результати наведені у табл. 1.

**Висновки.** У процесі тривалої інтенсивної експлуатації підземних вод водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди, а також водоносного горизонту, приуроченого до відкладів орельської світи байоського яруса середньої юри, відбулися зміни умов живлення та розвантаження вод. Інтенсифікувався водообмін між згаданими водоносними горизонтами та підземними водами, що залягають вище, з поверхневими водами. Ще у 1940 р. К.І. Маков відмічав, що в той час, як підземні води, приурочені до відкладів орельської світи байоського яруса середньої юри у зв'язку зі збільшенням відбору води майже не змінили свого складу, підземні води комплексу у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди по окремим свердловинам дали деяке зростання окремих компонентів, головним чином, лужно-земельних. Збільшилася величина жорсткості [8].



Рис.1. Карта-схема м. Києва з геоморфологічною типізацією:

1 – рівнинна частина Придніпровської височини, 2 – лесові останці Придніпровської височини, 3 – долина р. Либідь, 4 – долина р. Дніпро, 5 – частина Придніпровської низовини

Таблиця 1

**Якість води водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди згідно ДСТУ 4808:2007 на прикладі долини р. Дніпро (1 клас – відмінна, бажана якість води, 2 клас – добра, прийнятна якість води, 3 клас – задовільна, прийнятна якість води, 4 клас – посередня, обмежено придатна, небажана якість води)**

Показники хімічного складу	60-80	90	2000
Сухий залишок	240-492МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)	200-308МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)	170-378МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)
ТВЕРДІСТЬ	1,8-7МГ-ЕКВ/ДМ <sup>3</sup> (2 КЛАС)	3,6-5,4МГ-ЕКВ/ДМ <sup>3</sup> (2 КЛАС)	2-7,8МГ-ЕКВ/ДМ <sup>3</sup> (3 КЛАС)
CL	0,9-38МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)	1,4-33,3МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)	4,8-29,4МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)
SO <sub>4</sub>	0,7-59,6МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)	0,8-29,6МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)	1,1-36,27МГ/ДМ <sup>3</sup> (1 КЛАС)
NH <sub>4</sub>	0,05-0,6МГ/ДМ <sup>3</sup> (3 КЛАС)	0,45-0,6МГ/ДМ <sup>3</sup> (3 КЛАС)	0,11-0,7МГ/ДМ <sup>3</sup> (3 КЛАС)

З даних табл.1 можна зробити загальний висновок, про тенденцію до погіршення якості води досліджуваного водоносного комплексу внаслідок тривалої експлуатації, зокрема по таких показниках як твердість та NH<sub>4</sub>.

Таким чином, можна стверджувати, що існує загроза погіршення хімічного стану питних підземних вод м. Києва під впливом інтенсифікації природних чинників формування складу води, а також техногенних факторів. Варто відмітити, що дія природних факторів стає вагомою у зв'язку з антропогенною діяльністю людини. Основними чинниками підвищення вмісту компонентів хімічного складу підземних вод можна вважати:

1. Віджимання порових розчинів із товщі київських мергелів, викликане зниженнями напорів водоносного горизонту, приуроченого до еоценових відкладів. Останнє зумовлене інтенсивним водовідбором з водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди, з яким еоценовий горизонт гідравлічно пов'язаний.

2. Надходження забрудненої води з поверхневих вод, зважаючи на той факт, що р.Дніпро з області розвантаження змінилася на область живлення для водоносних горизонтів еоценових відкладів та водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світі нижньої і верхньої крейди.

3. Підвищення мінералізації ґрутових вод внаслідок засолення ґрунтів в межах м. Києва, що викликає ана-

логічний процес у залягаючих нижче водоносних горизонтах і комплексах через зони тектонічних порушень.

Зважаючи на викладене вище, можна зробити висновок, що основну загрозу для безпеки питних підземних вод м. Києва несе гідрохемічні процеси в системі "горська порода – підземні води", які викликані інтенсифікацією руху підземних вод, а також перетікання підземних вод із залягаючих вище водоносних горизонтів.

1. Шестопалов В., Руденко Ю., Стєценко Б.: "Звіт про науково-дослідну роботу "Закономірності формування експлуатаційних ресурсів підземних вод схилів артезіанських басейнів (на прикладі водозаборів Києва, Мелітополя, Придунав'я)". – К., 2009. 2. Геологическая карта Украинской ССР масштаба 1:50000. Киевский промышленный регион. Объяснительная записка в 2-х частях. Часть 2. Киев.1984. (Министерство геологии УССР. Центральная тематическая экспедиция). Авторы: Э. И. Колот, Л. П. Кузинина, В. И. Кутовой и др. 3. Руд'ко Г. І. Гідрохемія : Підручник. – К., 2007. 4. Прокопов В. А., Зорина О. В., Соболь В. А. Современное состояние питьевого водоснабжения и качества питьевой воды Украины. – К., 2005. 5. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Шестопалов В.М.: Критерии безопасности питьевой воды в европейском, российском и украинском водном законодательстве. – Москва, 2007. 6. Нікіташ О.П., Довженко О.П., Федоренко А.С.: "Геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів родовища питних підземних вод по сівердовинах №1528(бю), №2134(бю) та №2057(7ю) Публічного акціонерного товариства "Квазар" в м. Києві за результатами дослідно-промислової розробки 2009 – 2010 роках (з підрахунком експлуатаційних запасів мінеральних вод за станом на 01.08.2010 р.)". – К., 2010. 7. Maddox, Gary and Upchurch, Sam and Lloyd, Jacqueline and Scott, Tom. Florida's ground water quality monitoring program: background hydrogeochemistry [Електронний ресурс]. – Електрон. дан. – Режим доступу: <http://aquacomm.fcla.edu/1307/>, вільний. – Мова англ. 8. Маковєв К. І. Підземні води Києва. – К., 1940