

**Т. О. Кошлякова**

## **ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД М. КИЄВА В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**T. O. Koshliakova**

### **POTABLE WATER CHEMICAL COMPOSITION CHANGES IN KYIV DURING EXPLOITATION**

Представлені результати опрацювання фондів та літературних джерел, присвячених дослідженню гідрогеологічних умов м. Києва. Викладені методика та результати дослідження змін хімічного складу підземних вод водоносного комплексу у відкладах іваницької світи середньої та верхньої юри і загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої та верхньої крейди під впливом тривалої експлуатації. Отримані результати дозволяють зробити висновок про тенденцію до погіршення якості підземних вод згаданого водоносного комплексу.

*Ключові слова:* хімічний склад підземних вод, водоносний комплекс, водні ресурси, техногенний вплив.

Представлены результаты обработки фондовых и литературных источников, посвященных исследованию гидрогеологических условий г. Киева. Изложены методика и результаты исследования изменений химического состава подземных вод водоносного комплекса в отложениях иваницкой свиты средней и верхней юры и загоревской, журавинской, буромской свит нижнего и верхнего мела под воздействием длительной эксплуатации. Полученные результаты позволяют сделать вывод о тенденции к ухудшению качества подземных вод упомянутого водоносного комплекса.

*Ключевые слова:* химический состав подземных вод, водоносный комплекс, водные ресурсы, техногенное влияние.

Scrutinizing results of library stock and literary sources, devoted to Kyiv hydrogeological conditions investigation are presented. The methodology and results of underground water chemical composition changes investigation of water complex in deposits of the middle and upper Jura ivanytska svita and the lower and upper Chalk zahorivska, zhuravynska, buromska svitas under the influence of long-term exploitation are state. Obtained results allow to make a conclusion about tendency to worsening of the the foregoing aquifer underground water quality.

*Keywords:* ground water chemical composition, ground water complex, water supply, man-caused influence.

#### **ВСТУП**

В наш час кардинально змінилася екологічна ситуація у світі, проявився дефіцит водних ресурсів, пов'язаний з їх виснаженням та забрудненням. Значне зростання населення планети загострює проблему забезпечення продуктами харчування, при цьому виявлений тісний зв'язок між якістю води, що споживається, та здоров'ям населення. У нових умовах, що склалися, змінюються вимоги до ведення сільськогосподарства, виникла об'єктивна потреба раціонального відношення до водних ресурсів, забезпечення населення водою гарної (нормативної) якості, виробництва екологічно чистої продукції [7].

Не оминула проблема чистої питної води і м. Київ. На даний момент постачання населення столиці водою здійснюється за рахунок як поверхневих, так і підземних вод. Оскільки якість поверхневої води (річки Десна, Дніпро) не відповідає нормативним документам і вимагає доочищення і відповідної підготовки, стратегічно важливими є чисті джерела питної прісної води. В межах м. Києва такими ресурсами слугують водоносні горизонти, приурочені до

відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди ( $J_{2-3}iv + K_{1-2}zgb$ ) та відкладів орельської світи середньої юри ( $J_{2or}$ ). Назви водоносних горизонтів наведені за сучасною схемою стратифікації. Вони відповідають водоносному комплексу сеноманкеловейських відкладів та водоносному горизонту байських відкладів за попередньою схемою гідрогеологічної стратифікації. Якість підземних вод контролюється у водозабірних та спостережних свердловинах [1].

У зв'язку із цим виникла необхідність проведення досліджень, спрямованих на виявлення можливих змін стану питних підземних вод м. Києва.

Очевидно, що техногенний вплив на сучасному етапі є глобальним фактором, що перетворює геологічне середовище у цілому і підземну гідросферу зокрема. Техногенне перетворення підземної гідросфери відбувається у двох напрямках. Перший напрям — зміна гідродинамічних умов водоносних горизонтів, що може проявлятися або у спрацюванні рівня підземних вод та виснаженні їх запасів, або у

підйомі рівня за рахунок техногенних джерел живлення, підпору від водосховищ або інших антропогенних факторів [3]. Другий напрям — зміна гідрогеохімічних умов та якості підземних вод. У представленій роботі наведені результати досліджень, направлених на виявлення змін якості підземних вод.

#### РАЙОН РОБІТ, МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження даної роботи є хімічний склад підземних вод водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди ( $J_{2-3}iv + K_{1-2}zg-br$ ). Територія, що вивчається, обмежується Києвом.

Досліджуваний водоносний комплекс поширений всюди. У його покрівлі залягають відносно водотривкі мергельно-крейдянні відклади верхньої крейди, в підошві — водотривкі глини та алеврити середньої і верхньої юри. Водовмісні породи представлені різними стратиграфічними і літолого-фаціальними різновидами: вапняковомісними пісками дрібно- і тонкозернистими, нижче — середньо- і крупнозернистими, місцями гравелистими, із стяжіннями кременю, з лінзами пісковиків часто окременілих, з прошарками глин та алевритів. Глибина залягання водоносного комплексу змінюється від 53 до 148 м. Гідродинамічні напори встановлюються на глибинах від 4 до 142 м, відповідно їх абсолютні відмітки становлять 97,9 і 39,1 м. За хімічним складом підземні води водоносного комплексу у відкладах іваницької світи середньої та верхньої юри і загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої та верхньої крейди гідрокарбонатні кальцієві і гідрокарбонатні кальцієво-натрієво-калієві. Основне живлення водоносного комплексу здійснюється на вододільних просторах. Значна частка в живленні належить водам, які перетікають із водоносних горизонтів, що залягають вище, навіть при наявності відносно водотривкої мергельно-крейдянної товщі і водотривких відкладів київських мергелів. За даними режимних спостережень, при експлуатації цього комплексу відбулося помітне зниження гідродинамічних напорів у водоносних горизонтах еоценових і четвертинних відкладів. Розвантаження підземних вод комплексу відбувається в річки Дніпро, Десна, Ірпінь. В умовах, порушених експлуатацією, більша частина

підземних вод розвантажується в межах водозаборів. Режим даного водоносного комплексу тісно пов'язаний з величиною водовідбору і положенням рівня води у Дніпрі [2].

Для проведення дослідження були використані результати хімічних аналізів підземних вод досліджуваного водоносного комплексу, надані ДРГП «Північгеологія». Загалом, автором було оброблено близько 120 звітів. З метою обробки отриманої гідрогеохімічної інформації були застосовані геоінформаційні системи (програма MapInfo Professional), а також методи математичної статистики.

У середовищі програми MapInfo Professional була створена просторова база даних. Автором розроблена структура атрибутивної таблиці, що містить показники хімічного складу води на три періоди часу: 60–80-ті роки ХХ ст., 90-ті роки ХХ ст., 2000-ні роки ХХІ ст. Дані таблиці дозволяють оцінювати якість води згідно з прийнятими в Україні гігієнічними та екологічними вимогами (Національний стандарт України ДСТУ 4808:2007).

Основою для створення бази даних слугує електронна карта м. Києва у середовищі MapInfo Professional (масштаб 1:10 000, проєкція GK, зона 6, Пулково, 1942).

До таблиці були занесені такі показники, як сухий залишок, Ca, Mg,  $NH_4$ ,  $SO_4$ , Cl, Na+K, Fe, рН, окислюваність та твердість. Також відмічаються номер свердловини по порядку, номер самої свердловини або назва вулиці, на якій вона розташована, дата відбору проби води. Розташування свердловин, що експлуатують досліджуваний водоносний комплекс, зображене на рис. 1.

Математична обробка здійснювалася за допомогою програми STATISTICA з використанням непараметричного критерію Манна-Уїтні (Уїлкоксона), що є непараметричним еквівалентом t-критерію для перевірки гіпотези про рівність середніх двох вибірок.

#### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

У середовищі програми MapInfo Professional було виконане районування території м. Києва по п'яти областях за геоморфологічними ознаками: рівнинна частина Придніпровської височини, лесові останці Придніпровської височини, долина р. Либідь, долина р. Дніпро та частина Придніпровської низовини (рис. 2).

Автором були проаналізовані існуючі гідрогеодинамічні умови на території м. Києва, про-

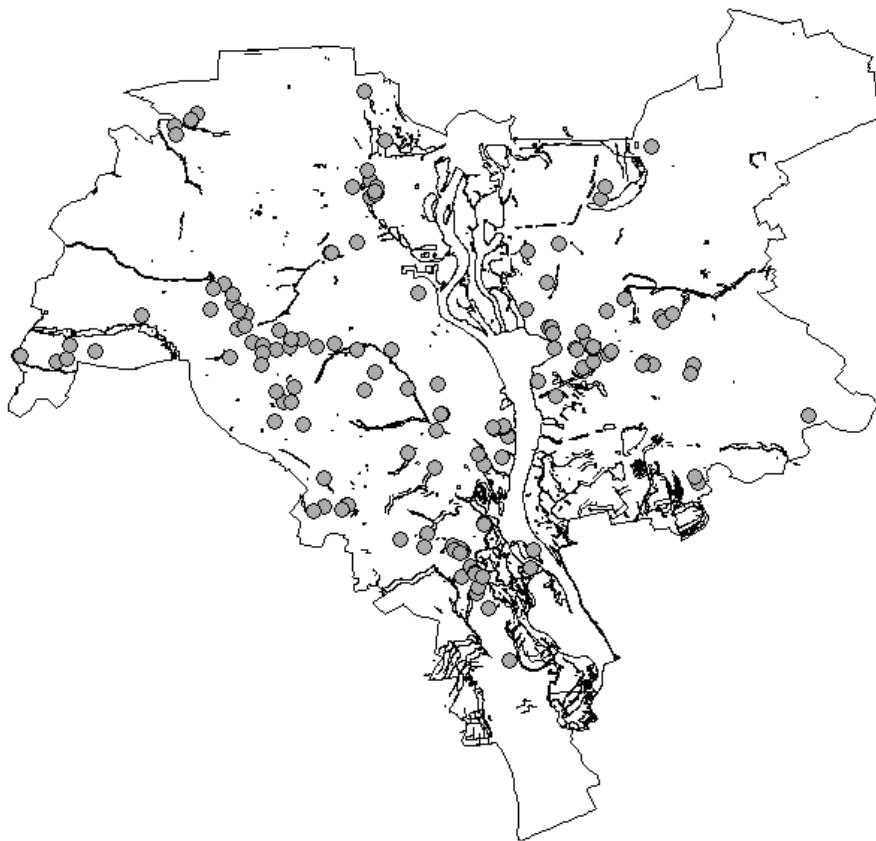


Рис. 1. Карта-схема м. Києва з позначенням свердловин, що експлуатують водоносний комплекс, приурочений до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світи нижньої і верхньої крейди ( $J_{2-3}iv + K_{1,2}zg-br$ )

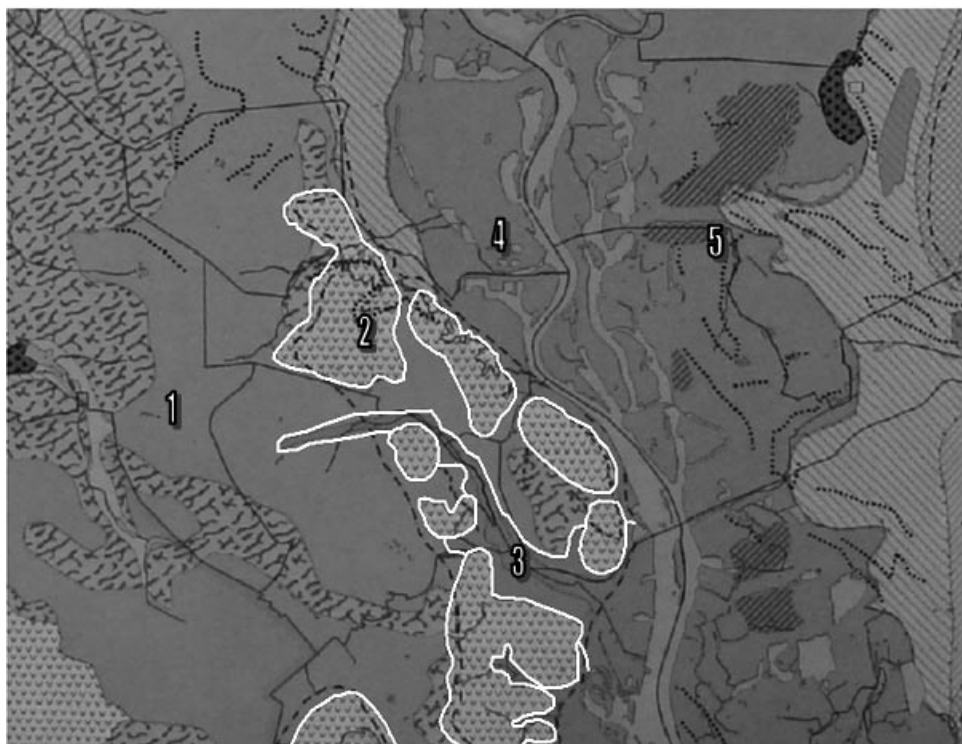


Рис. 2. Карта-схема м. Києва з геоморфологічним районуванням  
1 — рівнинна частина Придніпровської височини, 2 — лесові останці Придніпровської височини, 3 — долина р. Либідь, 4 — долина р. Дніпро, 5 — частина Придніпровської низовини

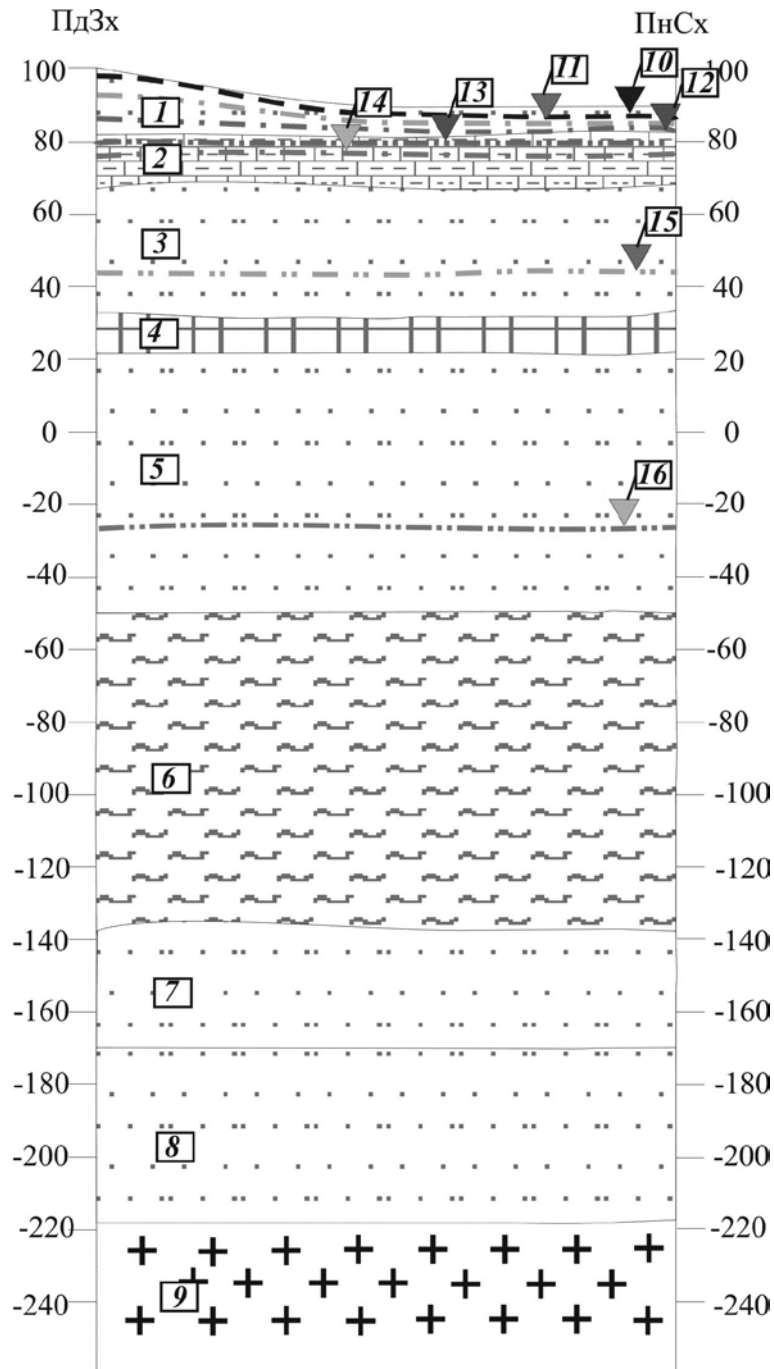


Рис. 3. Схематичний геолого-гідрогеологічний розріз долини р. Либідь

1 — алювіальні піщаністі відклади; 2 — мергелі, глини, алеврити київської та обухівської світ еоцену; 3 — бучаксько-канівські піщаністі відклади; 4 — крейдяно-мергельна товща верхньої крейди; 5 — відклади іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди; 6 — глини, алеврити підлужної, ніжинської, ічнянської світ середньої юри; 7 — відклади орельської світи байоського ярусу середньої юри; 8 — триасові відклади; 9 — кристалічні породи фундаменту; 10 — гідродинамічний напір алювіального водоносного горизонту; 11 — гідродинамічний напір водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди на середину XX ст.; 12 — гідродинамічний напір водоносного горизонту у відкладах канівської і бучацької серій еоцену на середину XX ст.; 13 — гідродинамічний напір водоносного горизонту у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри на середину XX ст.; 14 — гідродинамічний напір водоносного горизонту у відкладах канівської і бучацької серій еоцену на початок XXI ст.; 15 — гідродинамічний напір водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди на початок XXI ст.; 16 — гідродинамічний напір водоносного горизонту у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри на початок XXI ст.

слідкований взаємозв'язок між основними водоносними горизонтами і комплексами. Архівні дані свідчать про значну інтенсифікацію живлення підземних вод комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світи нижньої і верхньої крейди ( $J_{2-3}iv + K_{1-2}zg-br$ ) за рахунок вищезалягаючих підземних вод під впливом водовідбору у порівнянні з природними умовами. Вважається, що живлення відбувається через гідравлічно розкриті зони тектонічних порушень. Результати, отримані за допомогою різних методів, однозначно свідчать про те, що поверхово залягаючі водоносні горизонти у районі м. Києва утворюють єдину гідравлічно пов'язану водообмінну систему. В результаті інтенсивного водовідбору з водоносного комплексу у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світи нижньої і верхньої крейди, а також водоносного горизонту у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри у Києві переважає процес низхідної фільтрації, що обумовило формування експлуатаційних запасів підземних вод вказаних горизонтів за рахунок вищезалягаючих горизонтів і поверхневих вод. При цьому долина р. Дніпро, яка у природніх умовах була основним контуром розвантаження, на сьогодніш-

ній день перетворилася на додаткову область інтенсивного живлення поверхової системи горизонтів [2].

На підставі архівних та сучасних даних [2, 4, 6] були побудовані геолого-гідрогеологічні розрізи для основних геоморфологічних районів м. Києва, на яких зображені гідродинамічні напори водоносних горизонтів у середині ХХ ст. і на початку ХХІ ст. (рис. 3). Розрізи були побудовані за допомогою графічного редактора Power Point.

Порівняння гідродинамічних напорів водоносних горизонтів для різних вікових періодів підтверджують гіпотезу про зміну орієнтації потоку підземних вод за останні півстоліття.

На наступному етапі дослідження були сформовані вибірки з результатами хімічного аналізу води окремо для кожного геоморфологічного району з метою подальшої математичної обробки. За допомогою програми Statistica з використанням непараметричного критерію Манна-Уїтні (Уїлкоксона) була здійснена перевірка належності вибірок до однієї генеральної сукупності на три періоди часу: 60–80-ті роки ХХ ст., 90-ті роки ХХ ст., 2000-ні роки ХХІ ст. Приклад результатів розрахунків наведений у таблиці.

У результаті було встановлено, що на період 60–80-х років ХХ ст. по всіх районах і за всіма

Таблиця. Результати статистичної обробки вибірок у різні періоди (на прикладі рівнинної частини Придніпровської височини та частини Придніпровської низовини)

Показник хімічного складу	60–80-ті роки ХХ ст.	90-ті роки ХХ ст.	2000-ні роки ХХІ ст.
Сухий залишок	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Різні генеральні сукупності
Твердість	Різні генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Різні генеральні сукупності
Ca	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності
Mg	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності
NH <sub>4</sub>	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності
SO <sub>4</sub>	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності
Cl	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності
O	Однакові генеральні сукупності	Немає даних	Однакові генеральні сукупності
Na+K	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Немає даних
Fe	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності
pH	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності	Однакові генеральні сукупності

показниками хімічного складу підземних вод вибірки належали до однієї генеральної сукупності, за винятком рН та твердості. Натомість, для періоду 2000-х років розбіжність спостерігається за такими показниками, як  $\text{NH}_4$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{O}$ , твердість та сухий залишок.

#### ВИСНОВКИ

У процесі тривалої інтенсивної експлуатації підземних вод водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди, а також водоносного горизонту, приуроченого до відкладів орельської світи байоського ярусу 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 ярусу 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 світ нижньої і верхньої крейди по окремих свердловинах дали деяке зростання окремих компонентів, головним чином лужно-земельних. Збільшилася величина твердості [5].

Отримані автором результати підтверджують той факт, що на сучасний період для основних водоносних горизонтів та комплексів м. Києва переважає процес низхідної фільтрації. Водночас змінилася гідрогеохімічна обстановка. Хімічний склад підземних вод водоносного комплексу, приуроченого до відкладів іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди, що був відносно однорідним до початку ХХІ ст., в наш час змінився і відрізняється у різних геоморфологічних районах Києва. Це свідчить про те, що, у зв'язку з інтенсифікаці-

єю водовідбору з досліджуваного водоносного комплексу протягом останніх десятиліть, посилюється техногенний вплив на хімічний склад підземних вод. Збільшення вмісту хлору та аміаку у воді вказує на тенденцію до погіршення якості води у майбутньому.

Автор висловлює подяку керівництву ДРГП «Північгеологія», зокрема директору Центру гідрогеологічних та екологічних досліджень О.П. Нікіташу за надані фондові матеріали.

1. *Бювети Києва. Якість артезіанської води* / За ред. акад. Гончарука В.В. — К.: Геопринт, 2003. — 110 с.
2. *Геологическая карта Украинской ССР масштаба 1:50000. Киевский промышленный регион: Объяснительная записка: В 2 ч./ Э.И. Колот, Л.П. Кузишина, В.И. Кутовой и др.* — Киев: М-во геологии УССР; ЦТЭ, 1984. — Ч. 2.
3. *Елохина С.Н. Роль техногенеза в структурном преобразовании подземной гидросферы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология.* — 2007. — № 6. — С. 494–505.
4. *Жернов И.Е. Вопросы гидрогеологии г. Киева в связи с водоснабжением города.* — Киев, 1954. — 208 с.
5. *Маков К.І. Підземні води Києва.* — К.: Вид. Геол. ін-ту АН УРСР, — 1940. — 367 с.
6. *Нікіташ О.П., Довженко О.П., Федоренко А.С. Геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів родовища питних підземних вод по свердловинах № 1528(5ю), № 2134(6ю) та № 2057(7ю) Публічного акціонерного товариства "Квазар" в м. Києві за результатами дослідно-промислової розробки в 2009–2010 роках (з підрахунком експлуатаційних запасів мінеральних вод за станом на 01.08.2010 р.).* — К.: Центр ГГЕД ПДРГП «Північгеологія», 2010. — 110 с.
7. *Парфенова Н.И., Рыбина Н.Н., Исаева С.Д. Вопросы водоснабжения и техногенного воздействия на режим взаимодействия поверхностных и подземных вод // ЭКВАТЭК-2008 : Материалы конгр., Москва, 3–6 июня 2008 г.* — М.: Sibico International Ltd, 2008 [Электронный ресурс] — Электрон. данные — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) — (Электрон. книга).

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ  
E-mail: geol@bigmir.net

Рецензент — док. геол.-мін. наук М. М. Коржнєв