

УДК 004.942:556.314(477-25)

Т. О. Кошлякова, інженер 1 категорії
НДЛ теоретичної і прикладної геофізики
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

ДИНАМІКА ЗМІН ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД СЕНОМАН-КЕЛОВЕЙСЬКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ НА ТЕРИТОРІЇ М. КИЄВА В УМОВАХ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Стаття присвячена питанню дослідження динаміки змін хімічного складу та класу якості питних підземних вод в межах м. Києва внаслідок тривалої експлуатації на базі спільного використання математико-статистичних методів та ГІС-технологій. Розроблена методика систематизації, впорядкування, аналізу різночасових даних у відповідності до формування фактографічної бази даних по основним показникам хімічного складу підземних вод. Виявлені закономірності зміни хімічного складу підземних вод на якісному та кількісному рівні в межах м. Києва, виконана відповідна типізація території міста.

Ключові слова: підземні води, база даних, хімічний склад, математико-статистичні методи, ГІС-технології.

ВСТУП

На даний момент постачання населення м. Києва питною водою здійснюється як за рахунок поверхневих (75,9 % в загальному балансі водопостачання міста), так і підземних вод (24,1 %) [1]. Оскільки поверхневі води є забрудненими і вимагають значної попередньої підготовки для забезпечення їх питної якості, стратегічно важливим джерелом питної води є підземні води. З цієї точки зору в межах м. Києва інтерес становлять водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди (далі сеноман-келовейський водоносний комплекс) та водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри.

За тривалий час експлуатації (понад 100 років) підземних вод на території міста фіксуються значні зміни гідродинамічних умов зони активного водообміну, в межах якої поширені водоносний горизонт та комплекс, з яких відбираються питні підземні води [2,3]. Це потенційно не могло не позначитися на хімічному складі підземних вод. Проте існуюча система спостережень за якістю води є суто фактографічною (періодичний точковий контроль на відповідність ГДК) і не передбачає здійснення просторово-часової оцінки змін хімічного складу підземних вод, так само як і прогнозування тенденцій таких змін.

Мета роботи – проведення досліджень, спрямованих на виявлення тенденцій змін хімічного складу та класу якості питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу в м. Києві, виходячи з сучасних вітчизняних та європейських вимог до питних підземних вод.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

При виконанні дослідження були застосовані системний, математико-статистичний, геоінформаційний підходи до вивчення об'єкта, метод типізації та описовий метод. Для математичної і статистичної обробки були обрані пакети програм Microsoft Excel, Statistica, Attestat; для побудови картографічних схем, а також для просторового аналізу і моделювання в ГІС були застосовані програми Corel Draw, MapInfo Professional та ArcView.

З метою узагальнення накопичених протягом десятиліть непорядкованих за площею і в часі даних по хімічному складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу, з метою просторово-часової оцінки зміни їх якості, автором був створений макет геоінформаційної бази даних у середовищі MapInfo Professional для території м. Києва. Основою бази слугує електронна карта міста Києва у середовищі MapInfo Professional (масштаб 1:10000, проекція GK, зона 6, Пулково 1942). Була розроблена структура атрибутивної таблиці, що містить показники хімічного складу та бактеріологічної якості води сеноман-келовейського водоносного комплексу по окремих свердловинах. До таблиці були занесені як сучасні, так і архівні дані. На сьогодні макет геоінформаційної бази містить інформацію по 298 свердловинам.

Наявні дані були проаналізовані з точки зору вимог Національного стандарту України «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. ДСТУ 4808:2007» [4], який поширюється на джерела централізованого питного водопостачання та встановлює гігієнічні, екологічні та технологічні вимоги до вибирання нових і оцінювання наявних джерел централізованого водопостачання.

Було виявлено, що протягом тривалої експлуатації якість води сеноман-келовейського водоносного комплексу погіршилася за такими показниками як мінералізація (змінилася з 1 класу на 3) та твердість (змінилася з 3 класу на 4).

Для таких показників хімічного складу підземних вод як мінералізація, амоній та окислюваність були побудовані гістограми та виконана перевірка відповідності вибірок нормальному (логнормальному) закону розподілу (рис. 1).

Було виявлено, що різночасові вибірки підкоряються різним законам розподілу (нормальному або логнормальному). В ряді випадків встановити закон розподілу не вдалося. Наявність бімодального розподілу для окислюваності дозволяє припустити можливість нерівномірності змін даного показника по площі. На наступному етапі для кожного з показників була здійснена перевірка приналежності двох різночасових вибірок (кінець XIX – початок XX ст. та початок XXI ст.) до однієї генеральної сукупності за допомогою непараметричного критерію Мана-Уїтні [5].

Були отримані наступні статистично значимі результати. За даними багатолітніх спостережень значення величини мінералізації (середнє та медіана) у сеноман-келовейському водоносному комплексі практично не змінилася (середнє 356,9 мг/дм³ і медіана 350 мг/дм³ на початок XXI ст. порівняно з середнім 356,5 мг/дм³ і медіаною 353,7 мг/дм³ на кінець XIX – початок XX ст.). Що стосується вмісту амонію у досліджуваному водоносному комплексі, то його концентрація була стабільною до 90-тих років XX ст., коли його середнє значення збільшилося до 1,3 мг/дм³, а медіана – до 0,4 мг/дм³. На початку XXI ст. вміст амонію знизився до рівня кінця XIX – початку XX ст. Показник окислюваності збільшився за середнім на 1,38 мгО₂/дм³ і за медіаною на 0,87 мгО₂/дм³ у період інтенсивної експлуатації водоносного

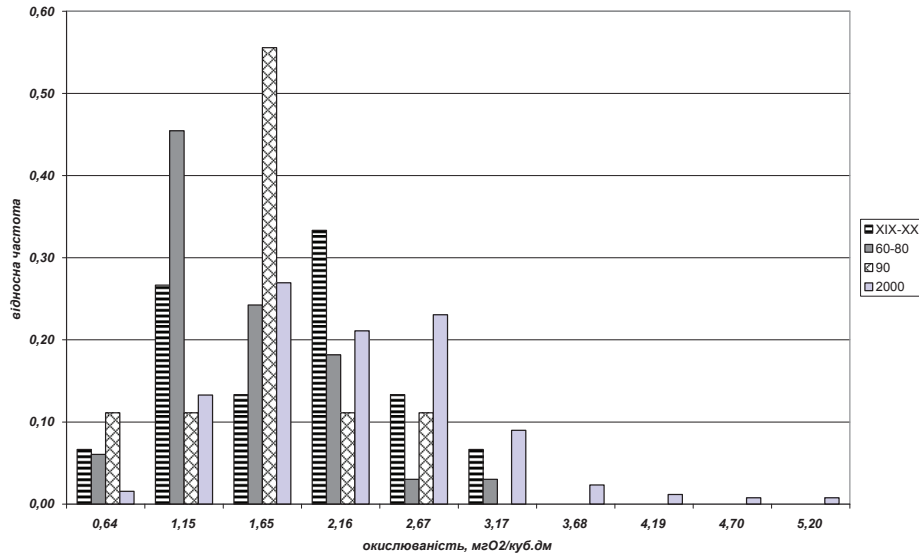


Рис. 1. Гістограма значень окислюваності за період з кінця XIX до початку XXI століття

комплексу (60-80-ті роки XX ст.). Хоча статистично за окислюваністю сьогоденній хімічний склад сеноман-келовейської води не відрізняється від кінця XIX – початку XX ст., середнє та медіана цього показника у двотисячних роках є більшими, ніж на початку експлуатації досліджуваного водоносного комплексу.

Було висунуто припущення про те, що нерівномірність змін показників хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу обумовлена особливостями геолого-гідрогеологічної і геоморфологічної будови території та тривалою експлуатацією комплексу. З метою перевірки цього припущення на основі наявних друкованих та фондових матеріалів автором було побудовано п'ять схематичних геолого-гідрогеологічних розрізів для ділянок території м. Києва, що відрізняються за своєю будовою геоморфологічно: рівнинна частина Придніпровської височини, лесові останці Придніпровської височини, долини малих річок, долина р. Дніпро та частина Придніпровської низовини. На розрізи були винесені гідродинамічні напори основних водоносних горизонтів й комплексів станом на середину XX століття і на початок XXI століття. Побудовані схематичні розрізи об'єктивно свідчать про те, що для виділених ділянок території характерні відмінності у співвідношенні гідродинамічних напорів для основних водоносних горизонтів і комплексів, поширених у м. Києві. Тому був зроблений висновок про доцільність подальших досліджень кількісних змін хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу з урахуванням згаданої типізації території. З цією метою макет геоінформаційної бази в середовищі ГІС MapInfo Professional був доповнений відповідним шаром, який просторово відзеркалює таку типізацію (рис. 2).

Були сформовані вибірки з результатами хімічного аналізу води окремо для кожного типу з метою подальшої математико-статистичної обробки. За допомогою програми Statistica з використанням непараметричного критерію Мана-Уїтні була здійснена перевірка приналежності вибірок до однієї генеральної сукупності на

чотири періоди часу: кінець XIX – початок XX ст., 60-80-ті роки XX ст., 90-ті роки XX ст., початок XXI ст. Різномасштабні вибірки по обраних показниках порівнювалися як для кожного окремого типу території, так і між різними типами [6].

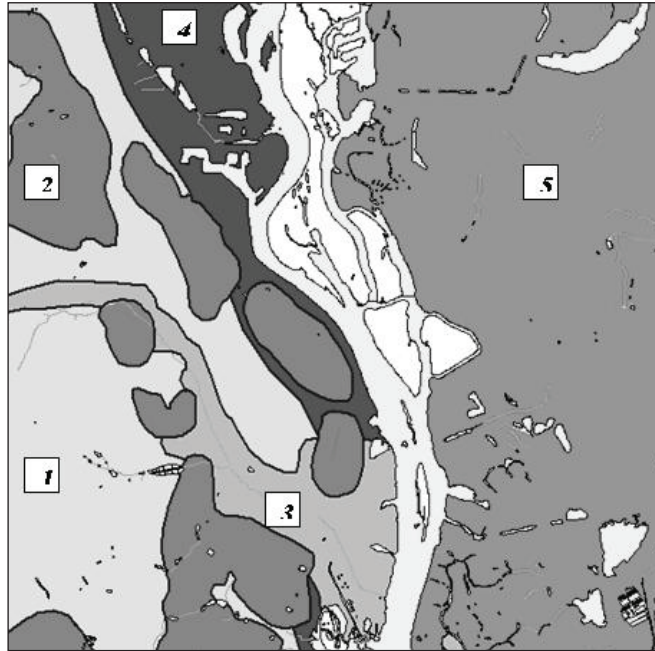


Рис. 2. Геоінформаційний шар м. Києва з типізацією території (1 – рівнинна частина Придніпровської височини; 2 – лесові останці Придніпровської височини; 3 – долини малих річок; 4 – долина р. Дніпро; 5 – частина Придніпровської низовини)

Було з'ясовано, що в межах рівнинної частини Придніпровської височини та лесових останців Придніпровської височини, долин малих річок, частини Придніпровської низовини мінералізація лишалася незмінною протягом всього терміну експлуатації водоносного комплексу. Натомість в межах долини р. Дніпро мінералізація зменшилася, починаючи з 90-тих років минулого століття і лишається такою і понині. В межах лесових останців Придніпровської височини та долин малих річок за амонієм змін не відбулося. В межах рівнинної частини Придніпровської височини та долини р. Дніпро величина амонію зменшилася у 60-80-х роках. Далі в межах долини р. Дніпро зміни не фіксуються, натомість у межах рівнинної частини Придніпровської височини у 90-тих роках показник амонію збільшився, а на початку XXI ст. знову зменшився. В межах лесових останців Придніпровської височини, долини р. Дніпро, долин малих річок величина окислюваності підвищилася в період інтенсивної експлуатації водоносного комплексу (60-80-ті роки XX ст.) і лишається такою і нині. Натомість в межах рівнинної частини Придніпровської височини величина окислюваності лишалася сталою до початку XXI ст. Наразі вона зменшилася порівняно з 90-ми роками XX ст.

При дослідженні процесів зміни хімічного складу підземних вод водоносного комплексу між виділеними типами території були виявлені наступні тенденції:

1. За величиною мінералізації станом на кінець XIX – початок XX ст. найбільші значення були в межах долини р. Дніпро (медіана становила 388,4 мг/дм³). Долина р. Дніпро за мінералізацією перевищувала рівнинну частину Придніпровської височини (332 мг/дм³), долини малих річок (348 мг/дм³), а також лесові останці Придніпровської височини (328 мг/дм³). Станом на 60-80-ті роки XX ст. величина мінералізації у всіх п'яти типах стала однорідною і залишається такою.

2. За показником окислюваності станом на кінець XIX – початок XX ст. найбільші значення були в межах лесових останців Придніпровської височини (1,6 мгО₂/дм³), які перевищували окислюваність в межах рівнинної частини Придніпровської височини (1,25 мгО₂/дм³) та в межах долин малих річок (1,36 мгО₂/дм³). На період 60-80-ті роки XX ст. величина окислюваності збільшилася в межах долини р. Дніпро і стала істотно перевищувати окислюваність в межах рівнинної частини Придніпровської височини, а також частини Придніпровської низовини. На початок XXI ст. найбільшою окислюваність була в межах частини Придніпровської низовини (2,23 мгО₂/дм³), що перевищує значення окислюваності в межах рівнинної частини Придніпровської височини (1,84 мгО₂/дм³), а також долини р. Дніпро (1,64 мгО₂/дм³).

3. За показником амонію станом на кінець XIX – початок XX ст. різні типи відрізнялися між собою: найнижчі значення були в межах лесових останців Придніпровської височини (0,28 мг/дм³) та долин малих річок (0,15 мг/дм³). Більші значення амонію були в межах рівнинної частини Придніпровської височини (0,36 мг/дм³) та долини р. Дніпро (0,35 мг/дм³). На період 60-80-ті роки XX ст. показник амонію у всіх п'яти типах став однорідним і лишився таким до початку XXI ст. На початок XXI ст. найвище значення амонію було в межах долин малих річок (0,42 мг/дм³) та в межах долини р. Дніпро (0,38 мг/дм³), що перевищило відповідні значення в межах рівнинної частини Придніпровської височини (0,14 мг/дм³), а також лесових останців Придніпровської височини (0,22 мг/дм³).

ВИСНОВКИ

Таким чином, можна стверджувати, що найбільш вразливими з точки зору зміни хімічного складу підземних вод типами території є долини малих річок, долина р. Дніпро, а також частина Придніпровської низовини. Для цих трьох типів характерне збільшення величини мінералізації, показників амонію та окислюваності в часі. Це явище можна пояснити тим, що вищезгадані типи геологічно є менш захищеними від забруднення з поверхні. Крім того, вони зазнають більшого впливу від поверхневих вод, крім інші типи. Порушення хімічного балансу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу співпадає у часі з порушенням гідродинамічного режиму, встановленого фахівцями-гідрогеологами, починаючи з 50-тих років XX ст.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Звіт по інноваційному проекту «Практичне відпрацювання методики оцінки та прогнозу зміни складних гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів»*. Розділ 1: «Адаптація сучасних інформаційних технологій аналізу динаміки підземних вод для оцінки експлуатаційних ресурсів Київського родовища». (Заключний) / Наук. керівник НДР В. Шестопалов. – К. : ІГН НАН України, 2009. – 131 с.
2. *Жернов И. Е. Вопросы гидрогеологии г. Киева в связи с водоснабжением города* / И. Е. Жернов ; АН УССР, Ин-т геол. наук. – К., 1958. – 133 с.

3. *Геологическая карта* Украинской ССР масштаба 1: 50 000. Киевский промышленный район. Объяснительная записка в двух частях. Ч. 2. / Мин-во геологии УССР, Центральная тематическая экспедиция ; Э. И. Колот, Л. П. Кузишина, В. И. Кутовой и др. ; под общ. рук. А. Г. Ролика. – К., 1984.
4. *Державний Стандарт України* «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» (ДСТУ 4808:2007) : чинний від 2009-01-01 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0144609-07>
5. *Девис Дж. С.* Статистический анализ данных в геологии : в 2 кн. Кн. 1 / Дж. С. Девис. ; пер. с англ. В. А. Голубевой ; ред. Д. А. Родионов. – М. : Недра, 1990. – 319 с.
6. *Кошлякова Т. О.* Зміни хімічного складу питних підземних вод м. Києва в процесі експлуатації / Т. О. Кошлякова // Зб. наук. праць Ін-ту геологічних наук НАН України. – 2011. – Вип. 4. – С. 88–93.

Стаття надійшла до редакції 06.07.2013

Т. О. Кошлякова, інженер 1 катег.,
НИЛ теоретической и прикладной геофизики
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
ул. Васильковская, 90, Киев, 03022, Украина

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СЕНОМАН-КЕЛОВЕЙСКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕРРИТОРИИ Г. КИЕВА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Резюме

Статья посвящена вопросу исследования динамики изменений химического состава и класса качества питьевых подземных вод в пределах г. Киева вследствие длительной эксплуатации на базе использования математико-статистических методов и ГИС-технологий. Выявлены закономерности изменения химического состава подземных вод на качественном и количественном уровне в пределах г. Киева, выполнена типизация города по геоморфологическому признаку.

Ключевые слова: подземные воды, база данных, химический состав, математико-статистические методы, ГИС-технологии

T. O. Koshliakova, engineer of a 1 category
National Taras Shevchenko University of Kyiv,
Vasylykivska St., 90, Kyiv, 03022, Ukraine

CHANGES OF SENOMAN-KELOVEY GROUNDWATER COMPLEX CHEMICAL COMPOSITION FOR KYIV CITY OWING TO LONG OPERATION

Summary

The article is devoted to senoman-kelovey groundwater complex chemical composition and quality changes investigation in Kyiv on the basis of mathematical-statistical methods and GIS-technologies using. Regularities of groundwater chemical composition changes in Kyiv at quantitative and qualitative level were revealed, city typification on the basis of geomorphology indication was implemented.

Keywords: ground water, database, chemical composition, mathematical-statistical methods, GIS-technologies.