

## ГІДРОГЕОЛОГІЯ

УДК 004.942:556.314(477-25)

**Т. О. Кошлякова**<sup>1</sup>, науковий співробітник,  
**О. Є. Кошляков**<sup>2</sup>, доктор геол. наук, завідувач кафедри,  
**М. М. Коржнев**<sup>3</sup>, доктор геол.-мінерал. наук, професор

<sup>1</sup> ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», відділ біогеохімії,  
пр. Палладіна, 34а, м. Київ, 03680, Україна  
geol@bigmir.net

<sup>2,3</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, геологічний факультет,  
кафедра гідрогеології та інженерної геології

### **ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ У БЮВЕТАХ М. КИЄВА (НА ПРИКЛАДІ СЕНОМАН-КЕЛОВЕЙСЬКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ)**

Стаття присвячена дослідженню проблеми зміни хімічного складу підземних вод у бюветах м. Києва у процесі експлуатації в бік погіршення їх якості на прикладі сеноман-келовейського водоносного комплексу. За допомогою геоінформаційних систем MapInfo Professional та ArcGIS було створено шар бюветних свердловин з атрибутивною інформацією, що містить дані про основні показники хімічного складу підземних вод; виконана типізація території м. Києва у відповідності до геолого-геоморфологічної будови. Проведена математико-статистична обробка даних хімічного аналізу води для таких показників як загальна мінералізація та вміст амонію з використанням непараметричного критерію Мана-Уїтні. Було проведено дослідження по визначенню вмісту тритію у воді бюветних свердловин з метою оцінки захищеності підземних вод за ізотопно-радіогеохімічними даними. З'ясовано, що техногенний фактор є значимим у процесі формування хімічного складу води у бюветних свердловинах.

**Ключові слова:** підземні води, хімічний склад, показники якості, техногенний вплив.

#### **ВСТУП**

Традиційно для оцінки якості води у водному об'єкті або у джерелі водопостачання, якщо мова йде про отримання води для пиття, використовуються фізичні, хімічні та санітарно-бактеріологічні показники. До фізичних показників якості води відносять температуру, запахи та присмаки, колірність та мутність. Хімічні показники характеризують хімічний склад води. Зазвичай до числа хімічних показників відносять водневий показник води рН, жорсткість та лужність, мінералізацію (сухий залишок), а також вміст головних іонів. До санітарно-бактеріологічних показників належать загальне бактеріальне забруднення води та її забруднення кишковою паличкою, вміст у воді токсичних і радіоактивних мікрокомпонентів [4].

Підземні води є одним з головних джерел питної води для міста Києва. Водопровідна вода киян на 75,9 % – підготовлена річкова і на 24,1 % – підземна. Враховуючи зношеність труб, за якими вода потрапляє до домівок споживачів, її якість є несприятливою для питного водопостачання [1]. Починаючи з 1987 року, у м. Києві була створена широка мережа бюветів для експлуатації водоносного комплексу у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої та верхньої крейди та водоносного горизонту у відкладах орельської світи байського ярусу середньої юри з метою забезпечення населення столиці України чистою підземною питною водою. Чисельність бюветів постійно нарощувалася.

*Об'єктом дослідження* є водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої та верхньої крейди (далі – сеноман-келовейський комплекс) на території м. Києва. *Предметом дослідження* є хімічний склад підземних вод згаданого комплексу. *Метою роботи* є виявлення тенденцій та закономірностей, а також з'ясування можливих причин зміни хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу у бюветах м. Києва за такими ключовими показниками як мінералізація, вміст амонію та тритію.

### **АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ**

За станом на серпень-вересень 2011 року до мережі бюветів м. Києва входило 182 комплекси. З них 92 експлуатували водоносний комплекс у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої та верхньої крейди (далі – сеноман-келовейський комплекс). Глибина залягання даного водоносного комплексу складає 65-175 м. Решта 90 бюветів використовували воду з водоносного горизонту у відкладах орельської світи байського ярусу середньої юри (глибина залягання 170-315 м), а також змішану воду з вищезгаданих водоносного горизонту та комплексу.

Однак у процесі тривалої експлуатації виникла проблема неналежного обслуговування бюветних комплексів. Зокрема, нерідко роботи з очищення трубопроводів та заміні насосів виконуються не у повному обсязі. Іноді це призводить до вимушеного закриття окремих бюветів. Таким чином, у серпні 2013 року, після перевірки санітарно-епідеміологічної станції, у м. Києві було закрито 16 бюветів, оскільки в них було зафіксоване перевищення допустимого вмісту заліза, марганцю, хлоридів та кишкової палички. При цьому підкреслювалося, що причиною незадовільної якості води є стан труб, за якими вона подається. У деяких бюветах була перевищена норма коліформ (бактерій, за якими судять про вміст патогенної мікрофлори) [5].

Ключовими факторами, що впливають на якість бюветної води, окрім стану труб, спеціалісти вважають місце розташування бюветного комплексу. Це пов'язано з неоднорідністю геологічної будови території м. Києва. Тому є потреба у дослідженні закономірностей змін показників хімічного складу підземних вод, зокрема мінералізації, вмісту амонію та тритію.

## МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На першому етапі роботи у середовищі ГІС MapInfo Professional було створено шар бюветних свердловин з атрибутивною таблицею, яка містить дані про основні показники хімічного складу підземних вод. Після цього була виконана типізація м. Києва у відповідності з геолого-геоморфологічними особливостями території. Були виділені такі типи: рівнинна частина Придніпровської височини, лесові останці Придніпровської височини, долини малих річок, долина р. Дніпро, частина Придніпровської низовини [3].

Далі для кожного виділеного типу були сформовані вибірки з результатами хімічного аналізу води з метою подальшої математико-статистичної обробки. Слід відмітити, що для математичних розрахунків також використовувалися дані про хімічний склад підземних вод досліджуваного водоносного комплексу, взяті з паспортів експлуатаційних свердловин на 2003 рік. Також вибірки з даними про бюветні свердловини були розділені для двох періодів часу (2003 і 2011 рік). За допомогою програми AtteStat з використанням непараметричного критерію Мана-Уїтні була виконана перевірка приналежності вибірок до однієї генеральної сукупності за такими показниками хімічного складу підземних вод як мінералізація та вміст амонію [2]. Для окремих типів території м. Києва розрахунки не були виконані через брак даних. Результати представлені у табл.1,2.

Таблиця 1.

**Результати аналізу зі встановлення приналежності вибірок до однієї генеральної сукупності за допомогою непараметричного критерію Мана-Уїтні (порівнюються бюветні та експлуатаційні свердловини на 2003 рік)**

Показник хімічного складу підземних вод	Тип території м. Києва, виділений за геолого-геоморфологічною ознакою									
	Рівнинна частина Придніпровської височини			Долина р. Дніпро			Частина Придніпровської низовини			
Мінералізація	$T_a$	$T_{1-a}$	T	$T_a$	$T_{1-a}$	T	$T_a$	$T_{1-a}$	T	
		46,2	121,8	102	4	20	20	96,25	218,75	237
		Однакові генеральні сукупності			Однакові генеральні сукупності			Різні генеральні сукупності		
Амоній	$T_a$	$T_{1-a}$	T	$T_a$	$T_{1-a}$	T	$T_a$	$T_{1-a}$	T	
	77	175	180	11	37	42	110,25	239,75	302	
		Різні генеральні сукупності			Різні генеральні сукупності			Різні генеральні сукупності		

Примітка: 1.  $T_a$  – нижня критична межа; 2.  $T_{1-a}$  – верхня критична межа; T – розраховане значення критерію Мана-Уїтні.

Таблиця 2.

**Результати аналізу зі встановлення приналежності вибірок до однієї генеральної сукупності за допомогою непараметричного критерію Мана-Уїтні (порівнюються бюветні свердловини на 2003 та 2011 роки)**

Показник хімічного складу підземних вод	Тип території м. Кієва, виділений за геолого-геоморфологічною ознакою												
	Рівнинна частина Придніпровської височини			Лесові останці Придніпровської височини			Долини малих річок			Частина Придніпровської низовини			
Мінералізація	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	
		243,25	456,75	396,5	34	83	92	2	13	12	559,48	050,53	805
		Однакові генеральні сукупності			Різні генеральні сукупності			Однакові генеральні сукупності			Однакові генеральні сукупності		
Амоній	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	T <sub>a</sub>	T <sub>1-a</sub>	T	
	243,25	456,75	617,5	34	83	101	2	13	15	559,48	1050,53	1370	
	Різні генеральні сукупності			Різні генеральні сукупності			Різні генеральні сукупності			Різні генеральні сукупності			

У результаті було виявлено, що на 2003 рік в усіх виділених типах показник амонію у бюветних свердловинах перевищував аналогічні значення в експлуатаційних свердловинах (і за середнім, і за медіаною). Разом з тим, за величиною мінералізації різниці між вибірками немає (за виключенням частини Придніпровської низовини, де цей показник більший у бюветних свердловинах, ніж у експлуатаційних: середнє значення у бюветних свердловинах – 389,6 мг/дм<sup>3</sup>, медіана – 392 мг/дм<sup>3</sup>; середнє значення в експлуатаційних свердловинах – 349,3 мг/дм<sup>3</sup>, медіана – 332 мг/дм<sup>3</sup>).

Таким чином, безпосередньо у бюветних свердловинах через 8 років експлуатації (з 2003 по 2011 рік) фіксуються такі зміни. Мінералізація зросла у межах лесових останців Придніпровської височини (за середнім з 335,1 мг/дм<sup>3</sup> до 360,5 мг/дм<sup>3</sup> і за медіаною з 339 мг/дм<sup>3</sup> до 352 мг/дм<sup>3</sup>). У решти типів цей показник залишився незмінним. Що ж стосується амонію, то за всіма виділеними типами спостерігається зменшення його концентрації як за середнім, так і за медіаною.

Також було виконано дослідження, спрямоване на дослідження захищеності підземних вод у бюветних свердловинах, ґрунтуючись на ізотопно-радіохімічних даних. Науковим співробітником ДУ «Інститут геохімії наколишнього середовища НАН України» Т. О. Кошляковою було обстежено

77 бюветні свердловини, що експлуатують сеноман-келовейський водоносний комплекс, на наявність у воді тритію. Відбір проб тривав з 17 лютого по 10 квітня 2014 року.

Тритій був виявлений в усіх бюветних свердловинах. Загалом його концентрація коливається в межах 2-10 Бк/л. У середньому по виділених типах розподіл тритію становить: в межах рівнинної частини Придніпровської височини – 5,26 Бк/л, в межах лесових останців Придніпровської височини – 6,04 Бк/л, в межах долин малих річок – 6,39 Бк/л, в межах частини Придніпровської низовини – 5,65 Бк/л.

За допомогою програми ArcGIS була побудована карта-схема розподілу тритію у підземних водах м. Києва (рис. 1). З карти-схеми видно, що ділянки з підвищеним вмістом тритію приурочені переважно до рівнинної частини Придніпровської височини, лесових останців Придніпровської височини та долин малих річок. Відомо, що на Правобережжі р. Дніпро розташовані потенційні джерела радіоактивного забруднення – Інститут ядерної фізики НАН України, а також Пункт захоронення радіоактивних відходів ПЗРВ (Пирогово). Наявність підвищених концентрацій тритію на території, близькій до джерел радіоактивного забруднення, на думку авторів, вказує на техногенний вплив на питні підземні води м. Києва.

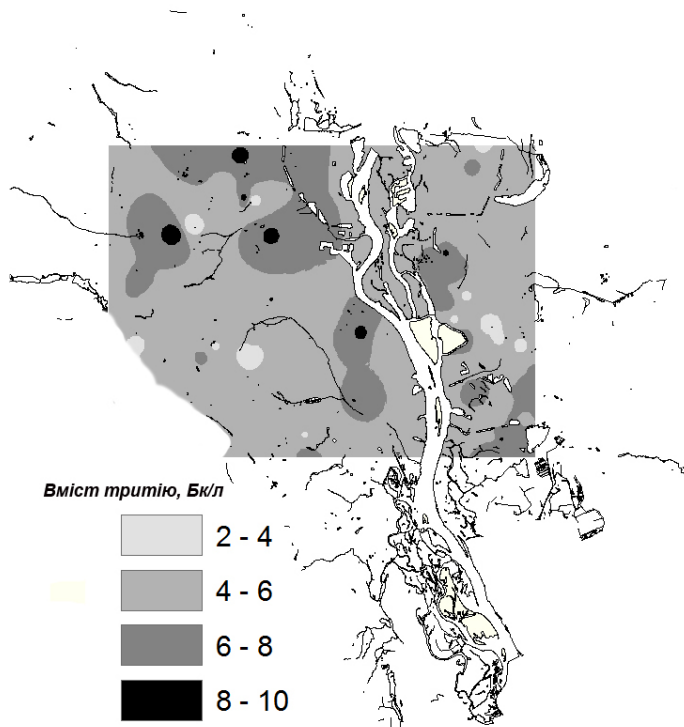


Рис. 1. Карта-схема розподілу тритію у підземних водах сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва

## ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що хімічний склад підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу за такими показниками як мінералізація та вміст амонію відрізняється у експлуатаційних та бюветних свердловинах. Це можна пояснити відсутністю постійного промивного режиму у бюветній свердловині, у зв'язку з чим відбувається застій води. Таке явище призводить до того, що хімічний склад підземних вод стає відмінним від природного (зокрема, підвищується концентрація амонію).

Однак при порівнянні результатів аналізу хімічного складу води у самих бюветах (виконаних з різницею у 8 років) виявилось, що концентрація амонію зменшилася. У той самий час мінералізація зросла у межах лесових останців Придніпровської височини.

Збільшення мінералізації можна пояснити незадовільним технічним станом свердловин, у результаті чого зростає вміст марганцю та заліза, що впливає на показник загальної мінералізації. Зменшення вмісту амонію пояснюється тим, що у процесі експлуатації бюветної свердловини до підземних вод потрапляє кисень з атмосферного повітря. У результаті, на думку авторів, відбувається процес автотрофної нітрифікації, за якого бактерії використовують енергію окиснення неорганічних речовин. При цьому відбувається окиснення амонію та перетворення його на нітрат. У результаті концентрація амонію у підземних водах зменшується в умовах високого вмісту кисню. Цьому також можуть сприяти певні види мікроорганізмів [6].

Таким чином, у результаті дослідження було виявлено, що техногенний фактор відіграє важливу роль у процесі формування хімічного складу води у бюветних свердловинах. Порушення при спорудженні бюветних комплексів, неналежне їх обслуговування, відсутність постійного промивного режиму у процесі експлуатації свердловин призводять до зміни природного хімічного складу підземних вод у бік погіршення їх якості.

Очевидно, що підвищені концентрації тритію у бюветній воді на Правобережжі р. Дніпро вказують на уразливість вод сеноман-келовейського водоносного комплексу до забруднення. Автори вважають, що побудована у програмі ArcGIS карта-схема розподілу тритію може бути корисна при прогнозуванні подальших змін хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу в умовах техногенного впливу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаптація сучасних інформаційних технологій аналізу динаміки підземних вод для оцінки експлуатаційних ресурсів Київського родовища // Практичне відпрацювання методики оцінки та прогнозу зміни складних гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів : звіт по інноваційному проєкту (заключ.) / ІГН НАН України ; наук. керівник НДР В. Шестопалов. – К., 2009. – Розд. 1. – С. 1–131.
2. Кошляков О. Є. Застосування методів математичної статистики з метою виявлення динаміки змін якості питних підземних вод м. Києва / О. Є. Кошляков, Т. О. Кошлякова // Современные проблемы геологических наук : сб. науч. тр., посвященный 155-летию со дня рождения академика Павла Аполлоновича Тутковского. – К. ; Олевск, 2013. – С. 304–309.



3. Кошлякова Т. О. Динаміка змін хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва в умовах тривалої експлуатації / Т. О. Кошлякова // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту імені І. І. Мечнікова. Сер. Географічні та геологічні науки. – 2013. – Том 18. Випуск 1(17). – С. 243–248.
4. Рахманін Ю. А. Критерии безопасности питьевой воды в европейском, российском и украинском водном законодательстве / Ю. А. Рахманін, Р. И. Михайлова, В. М. Шестопалов [и др.] // ЭКВАТЭК-2008 : материалы конгресса, (Москва, 3-6 июня 2008 г.) / НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН, Москва, Россия. – М., 2008. – С. 56-58.
5. Рейтинг чистых и грязных бюветов Киева : инфографика [Электронный ресурс]. – Электрон. дані. – Режим доступу: <http://news.bigmir.net/capital/739722-Rejting-chistyh-i-grjaznyh-bjuvetov-Kieva-INFOGRAFIKA->. – Мова рос. – Опис засн. на версії, датов.: 14. 08.2013.
6. Рудько Г. І. Гідрогеохімія : підручник / Г. І. Рудько. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2007. – 255 с.

## REFERENCES

1. Koshliakov, O. Ye., Koshliakova, T. O. (2013), «Mathematical statistics methods application with the purpose of potable ground water quality changes dynamics revelation in Kyiv», **Modern problems of geological sciences: Scientific proceeding collection** [«Zastosuvannya metodiv matematychnoi statystyky z metoyu vyyavlennya dynamiky zmin yakosti pytnykh pidzemnykh vod Kiyeva», *Sovremennyye problemy geologicheskikh nauk: sbornik nauchnykh trudov*], Kyiv-Olevsk, pp. 304-309.
2. Koshliakova, T. O. (2013), «Dynamics of cenomanian-callovian groundwater complex potable water chemical composition changes in Kyiv in long-term exploitation environment», [«Dynamika zmin hymichnogo skladu pytnykh pidzemnykh vod senoman-keloveyskogo vodonosnogo kompleksu na teritorii Kyieva v umovakh tryvaloyi ekspluatatsii»], *Visnyk of Odessa National Mechnikov University: Geography and Geology sciences*, № 17 Odessa, pp. 243-248.
3. Shestopalov, V. (2009), «Adaptation of modern analysis informational technologies of groundwater dynamics for estimation of Kyiv field operational resources. Practical labour-rent of complex hydrogeology and engineering geology processes changes estimation and forecasting methodology», Research effort report [«Adaptatsiya suchasnykh informatsiynykh tehnologiy analisu dynamiky pidzemnykh vod dlya ocinky ekspluatatsiynykh resursiv Kyivskogo rodovyssha. Practychno vidpracuvannya metodyky ocinky ta prognozu zminy skladnykh gidrogeologichnykh ta inzhenerno-geologichnykh procesiv: zvit po innovatsionomu proektu»], Kyiv, pp. 1-131.
4. Rahmanin, Yu. A. (2008), «Potable water safety criteria in European, Russian and Ukrainian water legislation», Materials of congress EKVATEK-2008 [«Kriterii bezopasnosti pityevoy vody v evropeyskom, rossiyskom i ukrainskom vodnom zakonodatelstve», *Materialy congressa EKVATEK-2008*], Moscow, pp. 56-58.
5. «Rate of pure and contaminated Kyiv well-rooms» (2013), Electronic resource [«Reyting chistyh i gryaznyh buvetov Kieva». *Electronniy resurs*], available at: <http://news.bigmir.net/capital/739722-Rejting-chistyh-i-grjaznyh-bjuvetov-Kieva-INFOGRAFIKA-> [accessed 14 August 2013].
6. Rudko, G. V. (2007), «Hydrogeochemistry», Textbook [«Gidrogeohimiya», *pidruchnyk*], Kyiv, pp. 1-255.

Надійшла 15.08.2014

**Т. А. Кошлякова**<sup>1</sup>, научный сотрудник,

**А. Е. Кошляков**<sup>2</sup>, доктор геол. наук, заведующий кафедры,

**М. Н. Коржнев**<sup>3</sup>, доктор геол.-минерал. наук, профессор

<sup>1</sup> ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», отдел биогеохимии пр. Палладина, 34а, г. Киев, 03680, Украина, [geol@bigmir.net](mailto:geol@bigmir.net)

<sup>2,3</sup> Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, геологический факультет, кафедра гидрогеологии и инженерной геологии

## ТЕХНОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В БЮВЕТАХ Г. КИЕВА (НА ПРИМЕРЕ СЕНОМАН\_КЕЛОВЕЙСКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА)

Статья посвящена изучению проблемы изменений химического состава подземных вод в бюветах г. Киева в процессе эксплуатации в сторону ухудшения их качества на

примере сеноман-келовейского водоносного комплекса. С помощью геоинформационных систем MapInfo Professional и ArcGIS был создан слой бюветных скважин с атрибутивной информацией, содержащей данные об основных показателях химического состава подземных вод; проведена типизация территории г. Киева в соответствии с геолого-геоморфологическим строением. Выполнена математико-статистическая обработка данных химических анализов воды для таких показателей как общая минерализация и содержание аммония с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни. Выполнены исследования по определению содержания трития в воде бюветных скважин с целью оценки защищенности подземных вод по изотопно-радиогеохимическим данным. Выявлено, что техногенный фактор является значимым в процессе формирования химического состава воды в бюветных скважинах.

**Ключевые слова:** подземные воды, химический состав, показатели качества, техногенное влияние.

**Т.О. Koshliakova**<sup>1</sup>, scientific employee,

**О.Е. Koshliakov**<sup>1</sup>, doctor of geology, head of department,

**М. М. Korgnev**<sup>2</sup>, doctor of geology, professor,

<sup>1</sup> GO «Institute of environment geochemistry», Department of biogeochemistry  
Palladina aven., 34a, Kyiv, 03680, Ukraine

<sup>2,3</sup> National Taras Shevchenko University of Kyiv, geological faculty, Department of Hydrogeology and Engineering Geology

## **MAN-CAUSED INFLUENCE ON POTABLE WATER QUALITY IN KYIV WELL-ROOMS (BY THE EXAMPLE OF CENOMANIAN-CALLOVIAN GROUNDWATER COMPLEX)**

### **Abstract**

*Purpose.* The article is devoted to a problem of groundwater chemical composition changes in Kyiv well-rooms during exploitation towards deterioration by the example of cenomanian-callovian groundwater complex.

*Methodology.* By means of geoinformational systems MapInfo Professional and ArcGIS well-rooms layer with attributive information, containing the main groundwater chemical composition components data, was created; Kyiv territory typification in accordance with geological-geomorphological construction was done. Mathematical-statistical data processing of groundwater chemical analysis for such indices as total mineralization and ammonium content was performed by means of non-parametric Mann-Whitney criterion. Investigation was performed to define tritium content with the aim to assess groundwater protectability, ground on isotopic-radiogeochemistry data.

*Results.* It was revealed that man-caused factor is significant in a process of well-rooms water chemical composition forming.

**Keywords:** groundwater, chemical composition, quality metrics, man-caused influence.