

УДК 556.31(477-25):543.3:549.091.4–032.2

**Т.А. Кошлякова**

*инженер II категории отдела биогеохимии  
Института геохимии окружающей среды НАН Украины (Киев)*

## **ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В БЮВЕТАХ Г. КИЕВА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Статья посвящена исследованию проблемы изменения химического состава подземных вод в бюветах г. Киева в процессе эксплуатации в сторону ухудшения их качества на примере сеноман-келловейского водоносного комплекса. При помощи геоинформационной системы MapInfo Professional был создан слой бюветных скважин с атрибутивной таблицей, содержащей данные об основных показателях химического состава подземных вод; выполнена типизация территории г. Киева в соответствии с геолого-геоморфологическим строением. Проведена математико-статистическая обработка данных химического анализа воды для таких показателей, как общая минерализация и содержание аммония с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни. Было выявлено, что техногенный фактор является значимым в процессе формирования химического состава воды в бюветных скважинах.*

### **Введение**

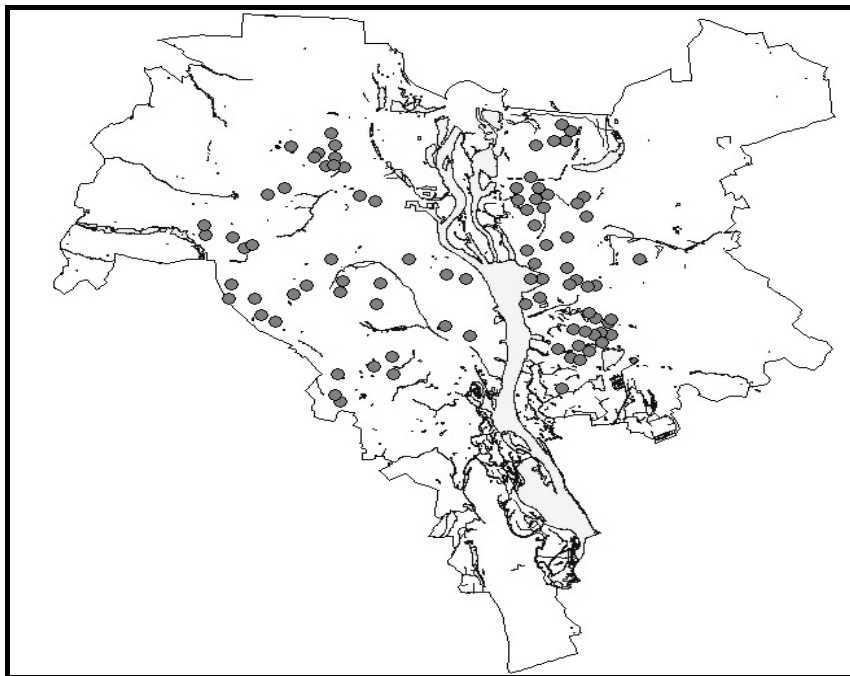
Подземные воды являются одним из главных источников питьевой воды для г. Киева. Водопроводная вода киевлян на 75,9% – подготовленная речная и на 24,1% – подземная. Учитывая изношенность труб, по которым вода поступает в дома потребителей, ее качество является неблагоприятным для питьевого водоснабжения [1]. Начиная с 1997 г. в Киеве была создана широкая сеть бюветных комплексов с целью обеспечения населения столицы Украины чистой подземной питьевой водой. Численность бюветов постоянно наращивалась. По состоянию на август–сентябрь 2011 г. в эту сеть входило 182 бюветных комплекса. Из них 92 эксплуатировало водоносный комплекс в отложениях иваницкой свиты средней и верхней юры и загоревской, журавинской, буромской свит нижнего и верхнего мела (далее – сеноман-келловейский водоносный комплекс). Глубина залегания данного водоносного комплекса составляет 65–175 м. Остальные 90 бюветов использовали воду из водоносного горизонта в отложениях орельской свиты байосского яруса средней юры (глубина залегания 170–315 м), а также смешанную воду из вышеуказанных водоносного горизонта и комплекса.

Однако в процессе длительной эксплуатации возникла проблема ненадлежащего обслуживания бюветных комплексов. В частности, нередко работы по чистке трубопроводов и замене насосов выполняются не в полном объеме. Иногда это приводит к вынужденному закрытию отдельных бюветов. Так, в августе 2013 г. после проверки санитарно-эпидемиологической станции в Киеве было закрыто 16 бюветов, так как в них было зафиксировано превышение допустимого содержания железа, марганца, хлоридов и кишечной палочки. При этом подчеркивалось, что причиной неудовлетворительного качества воды является состояние труб, по которым она подается. В некоторых бюветах была превышена норма колиформ (бактерий, по которым судят о содержании патогенной микрофлоры) [2]. Ключевыми факторами, влияющими на качество бюветной воды, помимо состояния труб, специалисты считают рельеф и место расположения бюветного комплекса. Это связано с неоднородностью геологического строения территории г. Киева.

Целью исследования было выявление тенденций и закономерностей, а также возможных причин изменения химического состава подземных вод сеноман-келловейского водоносного комплекса в бюветах г. Киева по таким ключевым показателям, как минерализация и содержание аммония.

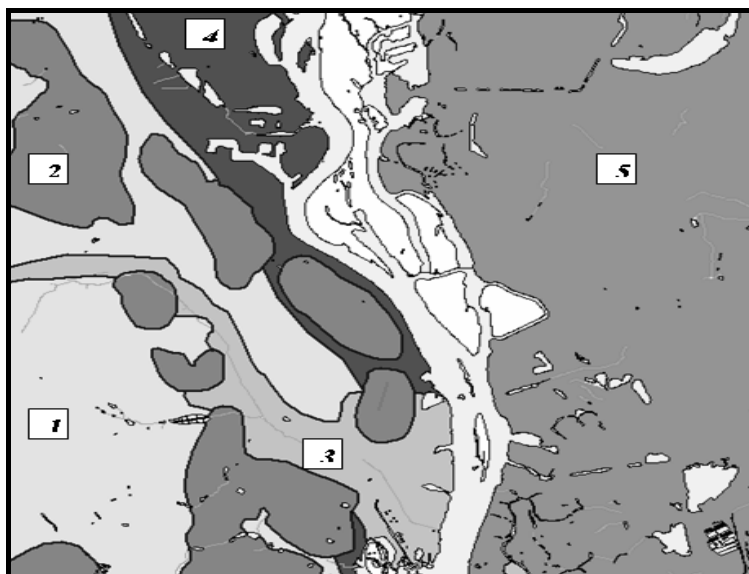
### Методика исследования

На первом этапе работы в среде ГИС MapInfo Professional был создан слой бюветных скважин с атрибутивной таблицей, содержащей данные об основных показателях химического состава подземных вод (рисунок 1).



**Рисунок 1.** – Карта-схема расположения бюветных скважин на сенман-келловейском водоносном комплексе в пределах г. Киева

На втором этапе была выполнена типизация г. Киева в соответствии с геолого-геоморфологическими особенностями территории (рисунок 2).



*1 – равнинная часть Приднепровской возвышенности; 2 – лессовые останцы Приднепровской возвышенности; 3 – долины малых рек; 4 – долина р. Днепр; 5 – часть Приднепровской низменности*

### Рисунок 2. – Типизация территории г. Киева по геолого-геоморфологическим признакам

Далее для каждого выделенного типа были сформированы выборки с результатами химического анализа воды с целью дальнейшей математико-статистической обра-

ботки. Следует отметить, что для математических расчетов также использовались данные о химическом составе подземных вод исследуемого водоносного комплекса, взятые из паспортов эксплуатационных скважин на 2003 г.

Также выборки с данными о бюветных скважинах были разделены для двух периодов времени (2003 и 2011 гг.). При помощи программы AtteStat с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни была выполнена проверка принадлежности выборок к одной генеральной совокупности по таким показателям химического состава подземных вод, как минерализация и содержание аммония [3]. Для отдельных типов территории г. Киева расчеты не были выполнены из-за малого количества данных. Результаты представлены в таблицах 1, 2.

В ходе исследований было выявлено, что в 2003 г. во всех выделенных типах показатель аммония в бюветных скважинах превышал аналогичные значения в эксплуатационных скважинах (и по среднему, и по медиане). Вместе с тем по величине минерализации разницы между выборками нет (за исключением части Приднепровской низменности, где этот показатель больше в бюветных скважинах, чем в эксплуатационных: среднее значение в бюветных скважинах – 389,6 мг/дм<sup>3</sup>, медиана – 392 мг/дм<sup>3</sup>; среднее значение в эксплуатационных скважинах – 349,3 мг/дм<sup>3</sup>, медиана – 332 мг/дм<sup>3</sup>).

Непосредственно в бюветных скважинах через 8 лет эксплуатации (с 2003 г. по 2011 г.) фиксируются следующие изменения. Минерализация возросла в пределах лессовых останцев Приднепровской возвышенности (по среднему с 335,1 мг/дм<sup>3</sup> до 360,5 мг/дм<sup>3</sup> и по медиане с 339 мг/дм<sup>3</sup> до 352 мг/дм<sup>3</sup>). В остальных типах этот показатель остался неизменным. Что же касается аммония, то по всем выделенным типам наблюдается уменьшение его концентрации как по среднему, так и по медиане.

Таблица 1. – Результаты анализа по установлению принадлежности выборок к одной генеральной совокупности при помощи непараметрического критерия Манна – Уитни (бюветные и эксплуатационные скважины; 2003 г.)

Показатель химического состава подземных вод	Тип территории г. Киева, выделенный по геолого-геоморфологическому признаку								
	Равнинная часть Приднепровской возвышенности			Долина р. Днепр			Часть Приднепровской низменности		
Минерализация	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
		46,2	121,8	102	4	20	20	96,25	218,75
	Одинаковые генеральные совокупности						Разные генеральные совокупности		
Аммоний	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
	77	175	180	11	37	42	110,25	239,75	302
	Разные генеральные совокупности								

Примечание – T<sub>a</sub> – нижний критический предел; T<sub>1-a</sub> – верхний критический предел; T – расчетное значение критерия Манна – Уитни.

Таблица 2. – Результаты анализа по установлению принадлежности выборок к одной генеральной совокупности при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни (бюветные скважины; 2003 и 2011 гг.)

Показатель химического состава подземных вод	Тип территории г. Киева, выделенный по геолого-геоморфологическому признаку			
	Равнинная часть Приднепровской возвышенности	Лессовые останцы Приднепровской возвышенности	Долины малых рек	Часть Приднепровской низменности

*Продолжение таблицы 2*

Минерализация	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	1050,53
	Одинаковые генеральные совокупности			Разные генеральные совокупности			Одинаковые генеральные совокупности					
Аммоний	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
	Разные генеральные совокупности											

**Заключение**

В результате проведенного исследования было установлено, что химический состав подземных вод сеноман-келловейского водоносного комплекса по таким показателям, как минерализация и содержание аммония, отличается в эксплуатационных и бюветных скважинах. Это явление можно объяснить отсутствием постоянного промывного режима в бюветной скважине, в связи с чем происходит застой воды. Данное явление приводит к тому, что химический состав подземных вод становится отличным от природного (в частности, повышается концентрация аммония).

Однако при сравнении результатов анализа химического состава воды в самих бюветах (выполненных с разницей в 8 лет) оказалось, что концентрация аммония уменьшилась. В то же время минерализация возросла в пределах лессовых останцев Приднепровской возвышенности.

Возрастание минерализации может быть объяснено неудовлетворительным техническим состоянием скважин, в результате чего возрастает содержание марганца и железа, что влияет на показатель общей минерализации. Уменьшение содержания аммония можно объяснить тем, что в процессе эксплуатации бюветной скважины в подземные воды попадает кислород из атмосферного воздуха. В результате, по мнению автора, происходит процесс автотрофной нитрификации, при котором бактерии используют энергию окисления неорганических веществ. При этом происходит окисление аммония и преобразование его в нитрат. В результате концентрация аммония в подземных водах уменьшается в условиях высокого содержания кислорода. Этому также могут способствовать определенные виды микроорганизмов [4].

Таким образом, в результате исследования было выявлено, что техногенный фактор играет важную роль в процессе формирования химического состава воды в бюветных скважинах. Нарушения при строительстве бюветных комплексов, ненадлежащее их обслуживание, отсутствие постоянного промывного режима в процессе эксплуатации скважин приводят к изменению природного химического состава подземных вод в сторону ухудшения их качества.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

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 проекту (заключ.) / ІГН НАН України ; наук. керівник НДР В. Шестопапов. – К., 2009. – Розд. 1. – С. 1–131.

2. Рейтинг чистых и грязных бюветов Киева: инфографика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.bigmir.net/capital/739722-Rejting-chistyh-i-grjaznyh-bjuvetov-Kieva-INFOGRAFIKA>. – Дата доступа: 14. 08.2013.

3. 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 акад. Павла Аполлоновича Тутковского. – Київ ; Олевск, 2013. – С. 304–309.

4. Рудько, Г. І. Гідрогеохімія : підручник / Г. І. Рудько. – Київ : ВПЦ «Київський університет», 2007. – 255 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 24.02.2015

***Koshliakova T.A. Potable Water Chemical Composition Changes In Kyiv Well-Rooms During Exploitation***

*The article is devoted to analysis of Kyiv well-rooms groundwater chemical composition changes problem during exploitation towards the erosion of its quality by the example of senoman-kellovey groundwater complex. By means of MapInfo Professional geoinformational system the layer of well-rooms with attributive table, containing data about groundwater chemical composition main factors, has been created; Kyiv city typification according to the territory geological-geomorphological characteristics has been implemented. Water chemical analysis results mathematical-statistical processing has been done for such factors as total mineralization and ammonium by non-parametric Mann-Witney criterion using. It was revealed that technogenic factor serves as significant in well-rooms groundwater chemical composition formation process.*