

Державна установа  
«Інститут геохімії навколишнього середовища  
Національної академії наук України»

**КОШЛЯКОВА ТЕТЯНА ОЛЕКСІВНА**

УДК 556.3:502.51(283.03)(477-25)

**ТЕХНОГЕННА ЕВОЛЮЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД  
СЕНОМАН-КЕЛОВЕЙСЬКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ НА  
ТЕРИТОРІЇ М. КИЄВА**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гідрогеології та інженерної геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка та у відділі біогеохімії ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України».

Науковий керівник доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
**Коржнев Михайло Миколайович,**  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, професор кафедри гідрогеології та інженерної геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Офіційні опоненти доктор геологічних наук, доцент  
**Хомин Володимир Романович,**  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри основ геології та екології

доктор геолого-мінералогічних, географічних та технічних наук, професор  
**Рудько Георгій Ілліч,**  
Державна комісія України по запасах корисних копалин, голова

Захист відбудеться «1» липня 2015 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.192.01 в ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» за адресою: Україна, м. Київ, проспект Академіка Палладіна, 34а

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» за адресою: 03680, м. Київ, проспект Академіка Палладіна, 34а

Автореферат розісланий «27» травня 2015 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
кандидат геолого-мінералогічних наук

В.Г. Яценко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Наразі постачання населення м. Києва питною водою здійснюється як за рахунок поверхневих, так і підземних вод. Оскільки поверхневі води є більш вразливими до дії техногенних чинників і тому вимагають відповідної попередньої підготовки для забезпечення їх питної якості, стратегічно важливим джерелом питної води є підземні води.

Київська промислово-міська агломерація в гідрогеологічному плані розташована в бортовій частині Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, у розрізі якого розвинута система поверхово розташованих напірних горизонтів. Довгострокова експлуатація водозаборів призвела до зміни напрямків латеральних і радіальних потоків, змін умов формування ресурсів і якості вод експлуатаційних горизонтів, в тому числі основних з них – водоносного комплексу у відкладах іваницької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди (далі – сеноман-келовейський водоносний комплекс) та водоносному горизонті у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри, в яких хімічний склад підземних вод сформувався протягом геологічного часу.

За тривалий час інтенсивної 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 (І.Е. Жернов, 1954; Е.І. Колот зі співавт., 1984; В.М. Шестопалов зі співавт., 2009). Виконаний аналіз свідчить, що це позначилося на хімічному складі підземних вод. Але існуюча система спостережень за якістю води є суто фактографічною (періодичний точковий контроль на відповідність ГДК) і не передбачає оцінку екологічних наслідків техногенного втручання, зокрема просторово-часову оцінку та прогнозування тенденцій змін хімічного складу підземних вод.

Це обумовлює необхідність досліджень, спрямованих на вивчення еколого-гідрогеологічних наслідків техногенного втручання в підземну гідросферу, а саме виявлення закономірностей змін хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу в м. Києві, виходячи з сучасних вітчизняних та європейських вимог до їх якості.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі гідрогеології та інженерної геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка та у відділі біогеохімії ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». Більшість результатів отримано при виконанні науково-дослідної теми «Розробка теорії та методології побудови динамічних геолого-геофізичних моделей геологічних об'єктів і процесів» (№ держреєстрації 11БФ049-02) в рамках комплексної наукової програми «Надра» Київського національного університету імені Тараса Шевченка та відомчої фундаментальної теми НАН України «Фракціонування ізотопів водню у природно-техногенних біогеосистемах» (№ держреєстрації 0111U000001).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є виявлення закономірностей змін хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу як джерела централізованого питного водопостачання в межах м. Києва,

пов'язаних з діяльністю людини, для оцінки екологічних наслідків техногенного втручання в геологічне середовище.

Для досягнення цієї мети необхідно було вирішити наступні **задачі**: 1) провести аналіз сучасного екологічного стану підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу, що включає в себе розгляд як гідродинамічних, так і гідрогеохімічних показників; удосконалити структуру бази даних основних компонентів хімічного складу питних підземних вод комплексу щодо оцінки еколого-гідрогеологічних умов; 2) порівняти результати хімічного аналізу підземних вод комплексу на кількісному рівні для різних періодів часу його експлуатації за допомогою математико-статистичних методів; 3) проаналізувати розподіл основних показників хімічного складу по площі за допомогою геоінформаційних технологій з метою просторово-часової оцінки змін хімічного складу підземних вод водоносного комплексу, що досліджується; виконати відповідне еколого-гідрогеологічне районування території міста; 4) виявити закономірності зміни хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу за час його експлуатації, а також оцінити його зв'язок з техногенними чинниками за допомогою математичних методів; 5) оцінити еколого-гідрогеологічну небезпеку техногенної активізації водообміну в сеноман-келовейському водоносному комплексі на території м. Києва; 6) дослідити вразливість до забруднення підземних вод комплексу в умовах техногенезу ізотопно-геохімічними методами.

**Об'єктом дослідження** є зміни хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу внаслідок техногенного втручання.

**Предметом дослідження** є підземні води сеноман-келовейського водоносного комплексу в межах м. Києва.

**Методи дослідження.** У роботі застосовано системний, математико-статистичний, геоінформаційний підходи до вивчення об'єкта, гідродинамічний, балансовий та графоаналітичний методи. Для вимірювання тритію було використано метод рідинної сцинтиляційної радіометрії за допомогою ультранизькофонового  $\alpha$ - $\beta$ -спектрометра Quantulus 1220-003. Для математико-статистичної обробки були обрані пакети програм Microsoft Excel, Statistica, Attestat; для побудови картографічних схем, а також для просторового аналізу і моделювання в геоінформаційних системах (ГІС) були застосовані програми Corel Draw, MapInfo Professional 6.5 та ArcGIS-ArcMap 9.3.

**Фактичний матеріал і достовірність наукових результатів.** Основою дисертації є матеріали, отримані під час навчання в аспірантурі та роботи в ДУ «ІГНС НАН України». Робота мала на меті виявити основні закономірності зміни хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу у м. Києві, ґрунтуючись на існуючих фактичних даних, а також на результатах ізотопно-геохімічного дослідження вмісту тритію у підземних водах досліджуваного водоносного комплексу. Найбільш правильним підходом до реалізації цієї мети є використання методів математичної статистики та ГІС-технологій. На це вказують роботи фахівців, що були досліджені автором до виконання усіх розрахунків та побудов. Тому можна стверджувати, що вихідні дані були оброблені коректно і настільки точно, наскільки це було можливо, зважаючи на об'єм, якість та точність наявних фактичних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Для сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва проаналізовано процеси формування та динаміка зміни хімічного складу підземних вод протягом тривалої експлуатації, а також проведено ізотопно-геохімічне дослідження активності тритію із залученням геоінформаційних систем і методів екологічного картографування, що дозволило локалізувати ділянки з підвищеною інфільтраційною проникністю та вразливістю якості техногенним чинникам; при цьому отримані результати дають підстави для вдосконалення системи моніторингу підземних вод за рахунок залучення ізотопних даних з активності тритію. Отримано наступні наукові результати:

- вперше за загальносанітарними хімічними показниками для сеноман-келовейського водоносного комплексу на регіональному рівні в межах м. Києва за період експлуатації, що триває понад 100 років, виявлено закономірні зміни індексів якості води у бік їх погіршення за рахунок зростання величин мінералізації, жорсткості, окиснюваності, рН, вмісту хлоридів та амонію;

- встановлено, що якість води сеноман-келовейського водоносного комплексу, який використовується для питного водопостачання населення м. Києва, значною мірою визначається техногенними чинниками – обсягами промислового виробництва та величиною водовідбору; виявлено істотну негативну кореляцію ( $K_{кор.} -0,6 - -0,85$ ) між величиною нормованих показників якості води, винесення мінеральних речовин, водовідбору та обсягом промислового виробництва (оціненим за виробництвом електроенергії в Україні);

- набула подальшого розвитку методика спільного використання ізотопно-геохімічних даних та балансових розрахунків; визначено, що частка інфільтраційного живлення у формуванні ресурсів сеноман-келовейського водоносного комплексу становить 21-23 %;

- удосконалена методика спільного використання ізотопно-геохімічних даних та гідродинамічних розрахунків, встановлено час надходження поверхневих вод до сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва (10-12 років);

- вперше на основі аналізу розподілу тритію у підземних водах досліджуваного водоносного комплексу в м. Києві виділені найбільш уразливі до забруднення ділянки території, в межах яких відбувається інтенсифікація інфільтраційного живлення крізь літологічні «вікна» та зони послаблення водотривких порід (долина р. Дніпро, долини малих річок, частина Придніпровської низовини).

**Практичне значення і впровадження одержаних результатів.** Практичне врахування встановлених закономірностей змін хімічного складу та класу якості питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу в межах м. Києва дозволить запобігти подальшому погіршенню якості підземних вод шляхом оптимізації системи їх експлуатації. Отримані результати можуть слугувати основою для удосконалення системи моніторингу та моделювання хімічного складу питних підземних вод у м. Києві, методичні підходи та прийоми можуть бути використані для вивчення екологічного стану підземних вод на урбанізованих територіях.

Отримані результати використано у звітах про виконання науково-дослідної теми «Розробка теорії та методології побудови динамічних геолого-геофізичних моделей геологічних об'єктів і процесів» (№ держреєстрації 11БФ049-02) та

відомчої фундаментальної теми НАН України «Фракціонування ізотопів водню у природно-техногенних біогеосистемах» (№ держреєстрації 0111U000001), використовуються при викладанні студентам-гідрогеологам спеціальних дисциплін «Геоінформаційні системи в гідрогеології та інженерній геології» (акт впровадження від 24.12.2013 р.) та «Екологічна гідрогеологія» (акт впровадження від 9.12.2014 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати, які винесено на захист, отримані здобувачем особисто. Дисертація є самостійною науковою працею, в якій висвітлені власні ідеї і розробки автора, що дозволили вирішити поставлені завдання. Особисто виконане ізотопно-геохімічне дослідження підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу, безпосередньо автором проведено як обчислювальну, так і графічну обробку результатів аналітичних досліджень та їх інтерпретацію. Робота містить теоретичні та методичні положення і висновки, сформульовані дисертантом особисто. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача.

**Апробація результатів дослідження.** Результати досліджень доповідалися на: III Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, 2011), Всеукраїнській науковій конференції молодих вчених «Сучасні напрямки української геологічної науки» (Київ, 2011), XI Міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» (Київ, 2012), X Міжнародній науковій конференції «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища» (Київ, 2012), Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми природничих наук», присвяченої 155-річчю з дня народження першого українського академіка землезнавця Павла Аполлоновича Тутковського (Київ–Олевськ, 2013), IV Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, 2013), 5-й всеукраїнській науковій конференції молодих вчених до 95-річчя Національної академії наук України (Київ, 2013), I науковій конференції «Проблеми гідрогеології на сучасному етапі», присвяченої пам'яті професора Харківського університету І.К. Решетова (Харків, 2014).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 18 наукових робіт, серед них 9 статей у фахових наукових журналах та збірниках наукових праць (з них 5 одноосібних). Чотири роботи входять до міжнародних наукометричних баз Scopus, РИНЦ Science Index та Index Copernicus Journal Master List.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота загальним обсягом 161 сторінка складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків та списку використаних наукових джерел. Містить 23 таблиці та 42 рисунки. Список використаних джерел включає 241 найменування.

Автор вдячний науковому керівникові, д. геол.-мін. наук, проф. М.М. Коржневу, к. геол.-мін. наук І.Ф. Шраменку, к. геол. наук, ас. О.В. Диняк за цінні зауваження в процесі підготовки та оформлення роботи. Особливу подяку автор висловлює начальнику партії ДП «Українська геологічна компанія» О.П. Нікіташу за люб'язно надані матеріали з гідрогеологічних досліджень території м. Києва, а також д. геол. наук, проф. В.В. Доліну за допомогу та поради з узагальнення та обробки отриманих даних.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, зв'язок дослідження з науковими програмами, планами, темами. Вказано мету та задачі, які необхідно вирішити в ході виконання роботи, викладено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, визначено особистий внесок здобувача, наведено дані про апробацію дисертаційної роботи та її структуру.

У **першому розділі** «Сучасний стан вивченості, процеси формування хімічного складу та захищеність підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва» систематизовано відомості про зміни стану підземних вод внаслідок техногенного впливу (зокрема тривалої експлуатації) та сучасні уявлення про гідрогеологічні умови території м. Києва, передусім для сеноман-келовейського водоносного комплексу. Надано геолого-геохімічну характеристику досліджуваного водоносного комплексу. Висвітлено методологічні підходи до оцінки екологічного стану підземних вод як джерела питного водопостачання. Окреслено коло факторів, що впливають на хімічний склад та забруднення підземних вод, визначено поняття їх захищеності. Було проведено аналіз наявної друкованої та фондової літератури щодо дослідження гідрогеологічних умов м. Києва, зокрема наукових праць Г.А. Кузьменко (1972), С.Г. Коклика (1909), Є.Ф. Тамма (1927), К.І. Макова (1940), І.Є. Жернова (1958), Д.Р. Литвака (1972), В.Н. Соловицького (1972), Е.І. Колот (1984), В.М. Шестопалова (1989, 1991, 2009). Також було проаналізовано наукові роботи з визначення захищеності підземних вод в умовах техногенного впливу іноземних фахівців – Gary Maddox (1992), Jacob Bear (1992), Milovan S. Beljin та Randall R. Ross, David Krantz та Brad Kifferstein (2006), Peter Dillon зі співавт. (2009).

Слід зазначити, що дослідження змін хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу проводилися на локальних ділянках, по окремим свердловинам або по площі на один період часу, однак не були простежені системно в часі і за площею. До теперішнього часу вивчення змін стану складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу проводилося на основі аналізу гідродинамічних процесів. Виходячи із сучасних вітчизняних та європейських вимог до якості підземних вод як джерела централізованого питного водопостачання є нагальна необхідність системного дослідження просторово-часових змін хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського комплексу в процесі експлуатації за наявними фактичними даними, а також оцінки захищеності комплексу.

У **другому розділі** «Узагальнення, систематизація та аналіз наявних даних про хімічний склад підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу» висвітлено методику та результати узагальнення, систематизації та аналізу наявних результатів хімічного аналізу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва.

Для узагальнення накопичених протягом десятиліть невпорядкованих за площею і в часі даних щодо хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу, з метою просторово-часової оцінки зміни їх якості, автором створено діючий макет геоінформаційної бази даних у середовищі MapInfo Professional для території м. Києва. Основою бази слугує електронна карта міста

Києва у середовищі MapInfo Professional (масштаб 1:10 000, проекція GK, зона 6, Пулково 1942). Розроблено структуру атрибутивної таблиці, що містить показники хімічного складу води окремих свердловин сеноман-келовейського водоносного комплексу за сучасними та архівними (з кінця XIX ст.) даними. До таблиці занесено такі показники як мінералізація, окиснюваність, жорсткість, рН; вміст  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Варто зазначити, що за своїм призначенням досліджувані свердловини використовувалися як для питних, так і для господарсько-побутових та виробничих потреб. На сьогодні макет геоінформаційної бази містить інформацію за 298 свердловинами.

Наявні дані було проаналізовано автором з точки зору вимог Національного стандарту України ДСТУ 4808:2007, який поширюється на джерела централізованого питного водопостачання та встановлює гігієнічні, екологічні та технологічні вимоги до вибирання нових і оцінювання наявних джерел централізованого водопостачання. Автором вперше обчислено величини індексів якості води за загальносанітарними хімічними показниками. Враховуючи недостатню кількість даних з хімічного складу води сеноман-келовейського водоносного комплексу на кінець XIX – початок XX ст., було виконано неповне оцінювання якості води. До розрахунків були включені такі показники: мінералізація, жорсткість, окиснюваність, вміст іонів  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  станом на кінець XIX – початок XX ст., 60–80-ті роки XX ст., 90-ті роки XX ст. та початок XXI ст. (табл. 1).

Таблиця 1

## Якість води сеноман-келовейського водоносного комплексу згідно ДСТУ 4808:2007

Показники хімічного складу		кінець XIX – початок XX століття	60–80-ті роки XX століття	90-ті роки XX століття	початок XXI століття
мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>		315,4-405,8 (17 свердловин) [1]клас	180-550 (44 свердловини) [1]клас	189-429 (21 свердловина) [1]клас	133-675,5(17 свердловин) [1]клас
жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>		4,4-9,5 (15 свердловин) [2(3)] клас	1,8-8,8 (53 свердловини) [2(1)] клас	2-7,6 (22 свердловини) [1(2)] клас	1,5-24,2 (20 свердловин) [2(1)] клас
$\text{Cl}^-$ , мг/дм <sup>3</sup>		3,3-24,2 (17 свердловин) [1]клас	3-90 (57 свердловин) [1]клас	1,4-33,3 (24 свердловини) [1]клас	2,24-376,3 (22 свердловини) [1]клас
$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>		0,9-21,1 (14 свердловин) [1]клас	2,5-94,6 (39 свердловин) [1]клас	3,8-38,4 (21 свердловина) [1]клас	2-72 (19 свердловин) [1]клас
$\text{NH}_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>		0,04-1,2 (16 свердловин) [2] клас	0,02-4,5 (35 свердловин) [2(3)] клас	0,25-0,6 (9 свердловин) [2(3)] клас	0,05-1 (21 свердловина) [2(3)] клас
окиснюваність, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		0,99-1,36 (15 свердловин) [1]клас	0,1-8,4 (33 свердловин) [1(2)] клас	0,36-4,16 (9 свердловин) [1(2)] клас	0,64-5,2 (19 свердловин) [1]клас
Інтегральний показник якості води	Ісер Інг	[1(2)] клас [1(2)] клас	[1(2)] клас [2(3)] клас	[1(2)] клас [2(1)] клас	[1(2)] клас [2(3)] клас

Примітка: Ісер – середній індекс якості води; Інг – індекс якості води за найгіршими величинами.

Було виявлено, що за середнім індексом якості води підземні води

досліджуваного водоносного комплексу належать до «відмінної», дуже чистої води з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості. Натомість за індексом якості води за найгіршими величинами за період експлуатації відбулася зміна класу якості. Якщо на кінець XIX – початок XX ст. вода належать до «відмінної», дуже чистої води з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості, то на початок XXI ст. вона стала «доброю», чистою з ухилом до класу «задовільної», слабко забрудненої води прийнятної якості. Ця зміна обумовлена зростанням у часі мінералізації, жорсткості, концентрації хлоридів, амонію та окиснюваності внаслідок техногенної активізації інфільтраційного живлення, геохімічного забруднення водозбірних ландшафтів, поверхневих вод.

На наступному етапі виконувалася побудова гістограм (рис. 1) та розрахунок числових характеристик розподілів (середнє арифметичне, медіана, дисперсія тощо) для величини мінералізації, вмісту амонію та окиснюваності підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу для визначених періодів часу за допомогою програм Microsoft Excel, Statistica, Attestat. Вибір цих показників обумовлений зокрема тим, що, згідно європейського водного законодавства – Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЄС – при здійсненні моніторингу хімічного стану підземних вод вони повинні контролюватися як ключові.

Аналіз гістограм дозволяє зробити висновок про загальну тенденцію до збільшення в часі величини мінералізації, зміни вмісту розчинених амонійних сполук та окиснюваності.

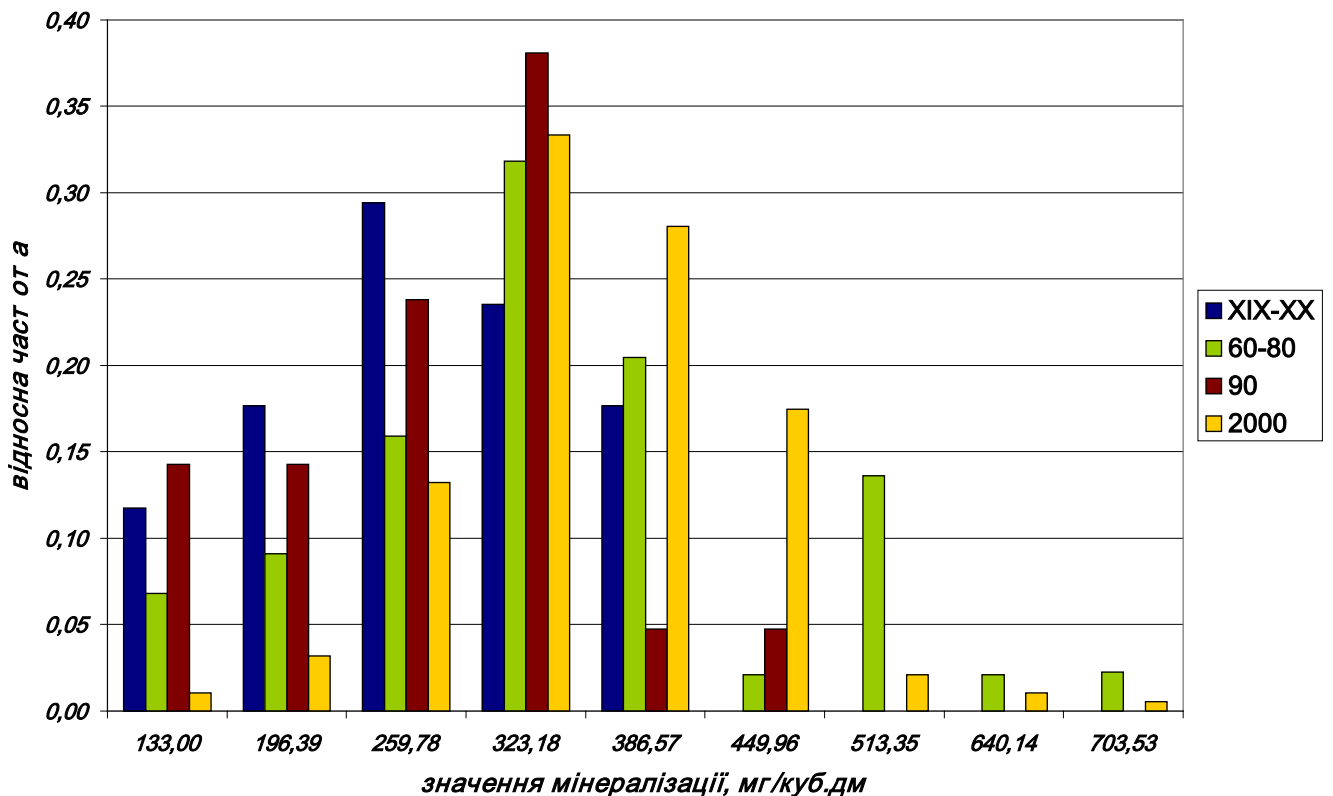


Рис. 1. Гістограма значень мінералізації на період з кінця XIX до початку XXI століття

З метою візуальної оцінки характеру зміни показників хімічного складу підземних вод по території досліджень виконано оверлейний аналіз растрових картограм їх

величин. Картограми побудовано в середовищі ArcGIS 9.3 станом на кінець XIX – початок XX ст., на 60–80-ті роки XX ст., на 90-ті роки XX ст. та на початок XXI ст. Інтервали картограм показників обиралися відповідно до інтервалів побудованих раніше гістограм. На рис. 2 наведено приклад результатів оверлейного аналізу для величини мінералізації підземних вод.

Аналіз результатів оверлейного аналізу свідчить про нерівномірність змін показників хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу і дозволяє зробити припущення, що ця нерівномірність обумовлена, зокрема, особливостями геолого-геоморфологічної будови території та зміною експлуатаційних навантажень на комплекс.

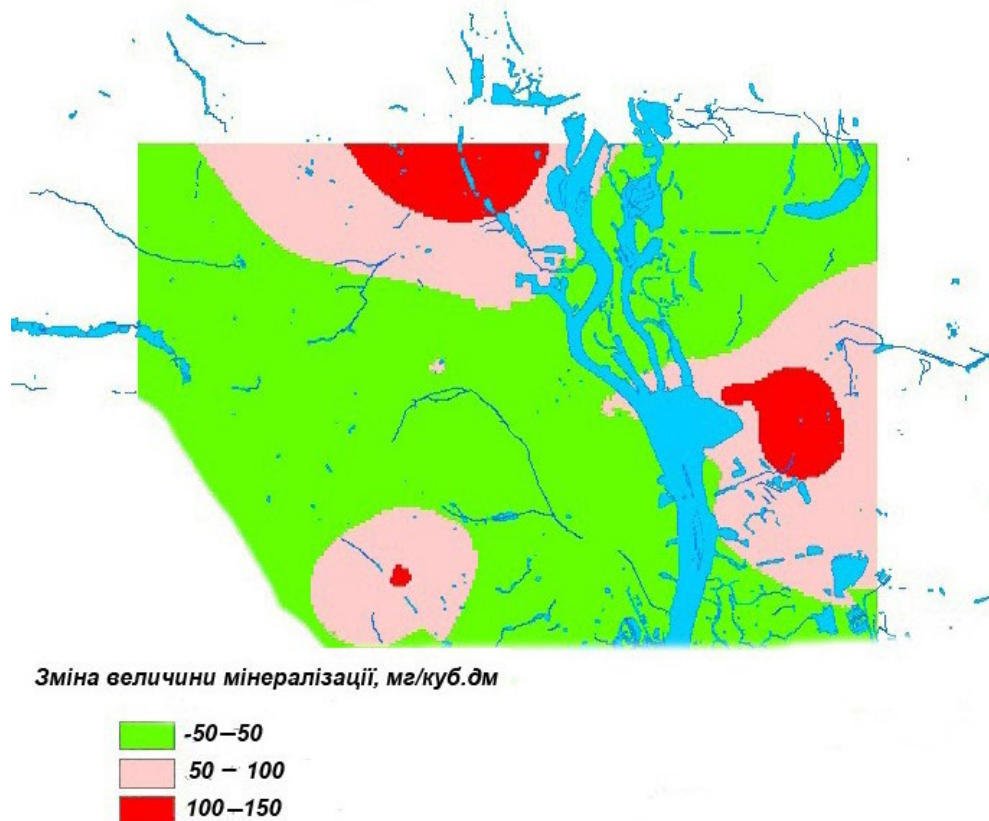


Рис. 2. Зміна величини мінералізації підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу з 90-х років XX ст. до початку XXI ст.

З метою перевірки цього припущення на основі наявних друкованих та фондів матеріалів автором проаналізовано геолого-гідрогеологічні розрізи для ділянок території м. Києва, що відрізняються за своєю геологічною та геоморфологічною будовою (рівнинна частина Придніпровської височини, лесові останці Придніпровської височини, долина малих річок, долина р. Дніпро та частина Придніпровської низовини). Також досліджено співвідношення гідродинамічних напорів між поверхово залягаючими водоносними горизонтами та комплексами для кожної ділянки.

Аналіз розрізів виявив, що для згаданих ділянок території характерні відмінності у співвідношенні гідродинамічних напорів для основних водоносних горизонтів і комплексів, поширених у м. Києві. Тому було зроблено висновок щодо доцільності подальших досліджень змін хімічного складу та класу якості питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу з урахуванням типізації території. З

цією метою макет геоінформаційної бази в середовищі ГІС MapInfo Professional був доповнений відповідним шаром, який просторово віддзеркалює таку типізацію.

Для подальших досліджень було використано дані за такими базовими показниками хімічного складу підземних вод як мінералізація, вміст амонію та окиснюваність.

Зі створеного автором макету геоінформаційної бази даних хімічного складу підземних вод м. Києва було сформовано вибірки з результатами хімічного аналізу води окремо для кожного типу території з метою подальшої математичної обробки.

За допомогою непараметричного критерію Уїлкоксона здійснена перевірка приналежності вибірок до однієї генеральної сукупності на три періоди часу: 60–80-ті рр. ХХ ст., 90-ті рр. ХХ ст., початок ХХІ ст. Різномасштабні вибірки за обраними показниками порівнювалися як для кожного типу території окремо, так і між різними типами.

Було з'ясовано, що мінералізація підземних вод для кожного окремого типу території з часом не змінилася. Проте з часом змінилися вміст амонію та окиснюваність у межах рівнинної частини Придніпровської височини. Якщо ж порівнювати за хімічним складом різні типи території між собою, можна помітити, що відносно сталим хімічний склад сеноман-келовейського водоносного комплексу був у період з 60–80-тих до 90-тих років ХХ ст. Натомість на початку ХХІ ст. спостерігається його просторова диференціація.

На правому та лівому березі р. Дніпро фіксуються різні величини мінералізації, при цьому на лівобережжі вони більші.

Вміст амонію є більшим в межах Придніпровської височини, особливо у рівнинній частині. Натомість для долини р. Дніпро та долин малих річок властивий інший характер розподілу амонію в підземних водах, що підтверджується статистично. Підвищені значення цього показника корелюють з великими воронками депресії, що утворилися внаслідок тривалої експлуатації.

Характер розподілу окиснюваності підземних вод у межах м. Києва характеризується строкатістю. Підвищені значення спостерігаються на лівому березі Дніпра та в межах лесових останців. Вони також корелюють з воронками депресії. Можна стверджувати, що за останні 10-20 років окиснюваність збільшилася в центральній частині міста.

У **третьому розділі** *«Природні та техногенні чинники формування хімічного складу води сеноман-келовейського водоносного комплексу»* представлено результати визначення зв'язку хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу з техногенними чинниками.

Інтенсивність водовідбору, яка визначає гідродинамічні умови формування депресійної воронки та взаємодії підземних і поверхневих вод, є одним з головних чинників зміни їх хімічного складу. Нормований по водовідбору показник мінералізації зростає при зменшенні водовідбору в період 1980-2010 рр. ( $K_{\text{кор.}} = -0,84$ , рис. 3.), що свідчить про збільшення вмісту мінеральних речовин при зменшенні водовідбору. Ці дані підтверджуються дослідженнями Щербак О.В. (2014) верхньоміоценового водоносного комплексу в межах Херсонської області. Висока негативна кореляція ( $K_{\text{кор.}} = -0,54 - -0,86$ ) характерна також для нормованих показників окиснюваності, загальної жорсткості, рН, вмісту  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ .

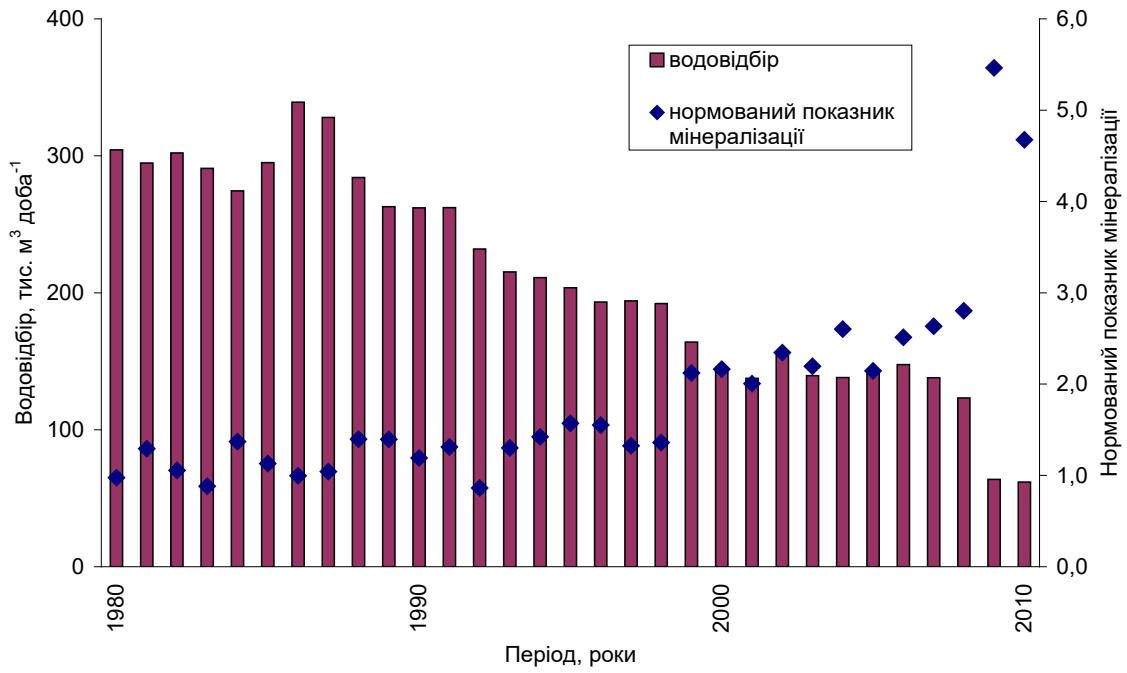


Рис 3. Нормовані показники мінералізації та водовідбору з сеноман-келовейського водоносного комплексу в період 1980-2010 рр.

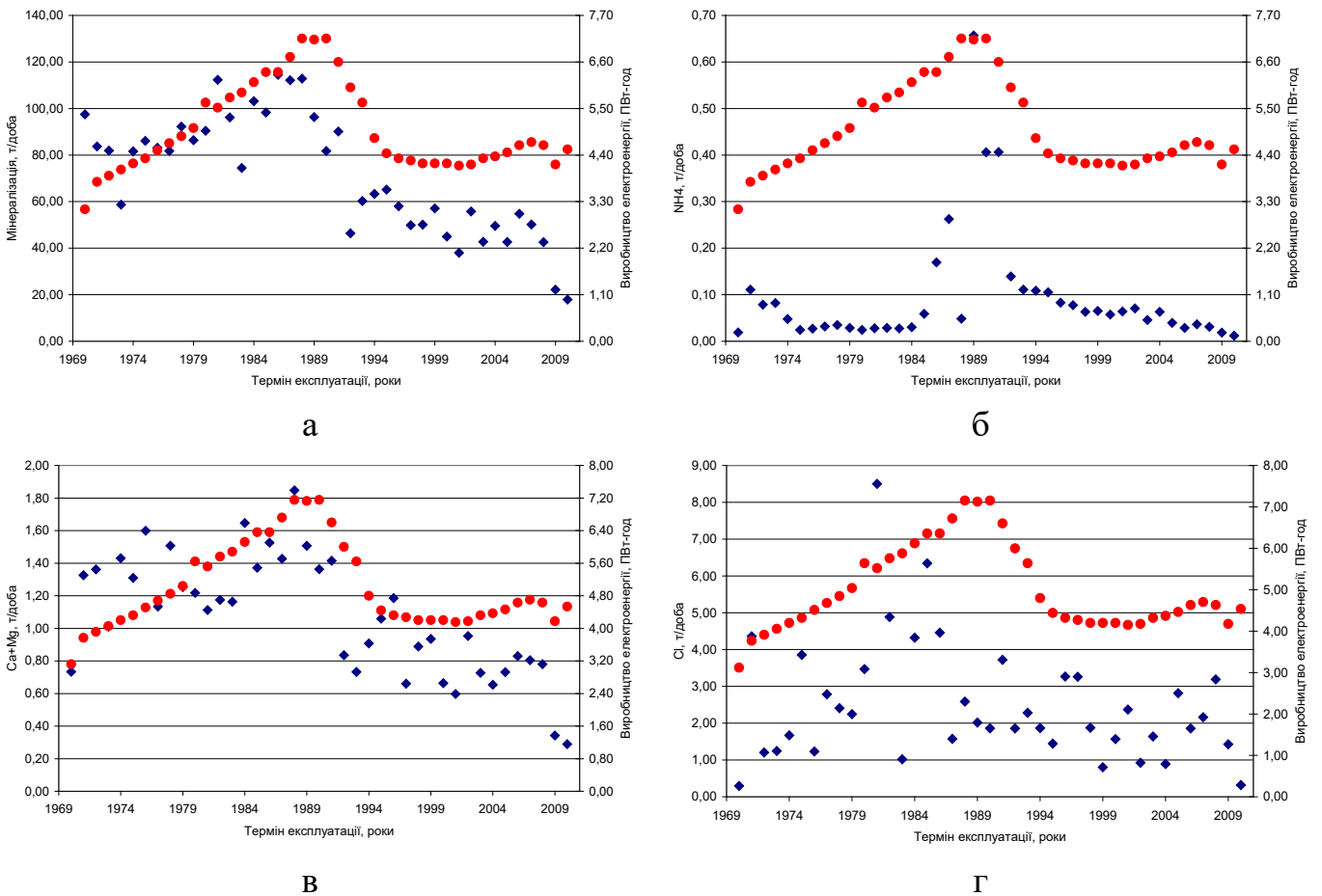
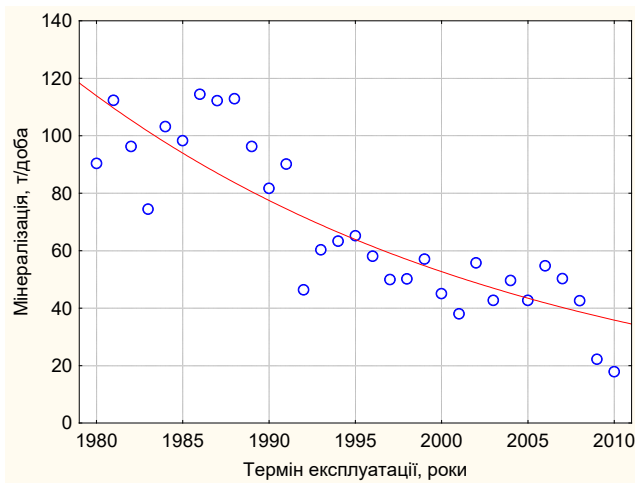


Рис. 4. Динаміка параметрів техногенного потоку мінеральних речовин (ряд синіх маркерів, по лівій осі) у порівнянні з обсягами виробництва електроенергії в Україні (ряд червоних маркерів, по правій осі): а – мінералізація, б – розчинені амонійні сполуки, в – жорсткість, г –  $Cl^-$ .

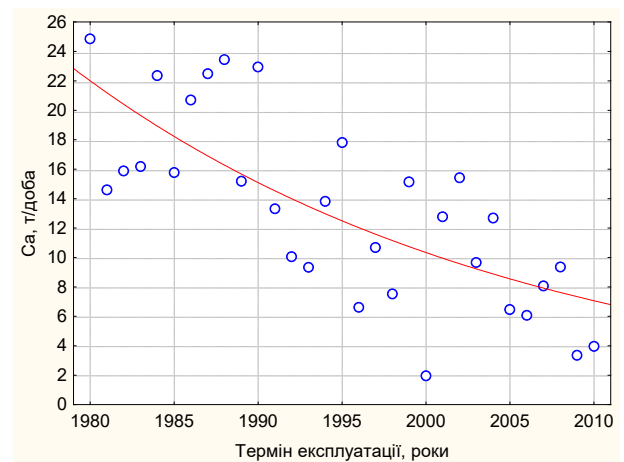
Добуток величин питомих показників якості води (мінералізації, загальної жорсткості, вмісту  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) та водовідбору являє собою оцінку потужності техногенного потоку винесення мінеральних речовин з сеноман-келовейського водоносного комплексу в одиницях  $[\text{т} \times \text{доба}^{-1}]$ .

Числова величина техногенного чинника оцінювалася автором за кількістю виробленої електроенергії. Динаміка показників техногенного потоку мінеральних речовин з високим коефіцієнтом кореляції (0,5–0,82) співпадає з динамікою виробництва електроенергії в Україні (рис. 4).

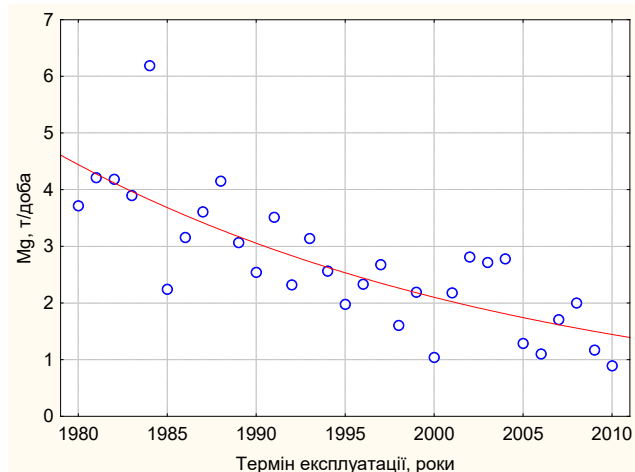
На межі 90-х років минулого століття спостерігається спад промислового виробництва в Україні та, відповідно, динамічне зменшення винесення мінеральних речовин техногенним потоком.



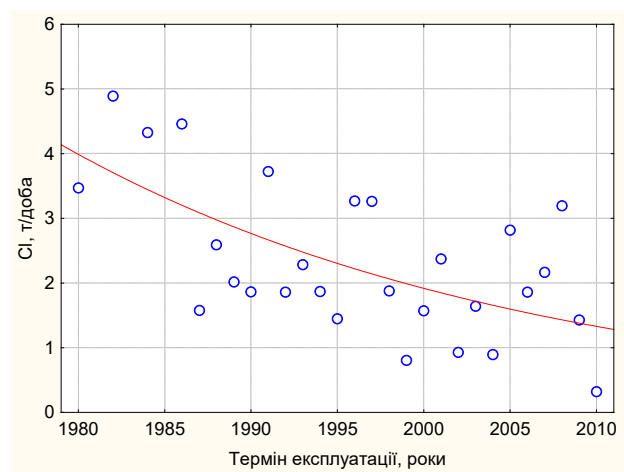
а



б



в



г

Рис. 5. Експоненційні тренди динаміки параметрів техногенного потоку мінеральних речовин: а – мінералізація, б –  $\text{Ca}^{2+}$ , в –  $\text{Mg}^{2+}$ , г –  $\text{Cl}^-$ .

Для визначення часових закономірностей зміни показників якості води застосовано «кінетичний» підхід, обґрунтований в роботах Бондаренка Г.М. та Доліна В.В. зі співавт. (2004). Формування хімічного складу підземних вод відбувається внаслідок процесів фізико-хімічної взаємодії, розчинення та

вилуговування хімічних сполук з порових розчинів, а також водовміщуючих порід, через які вода протікає. В основі цих процесів лежить низка хімічних реакцій (згідно теорії Д.І. Менделєєва розчинення є хімічним процесом), більшість з яких спрямована в бік протікання процесу, що, зрештою, й визначає його спрямованість.

Кожна з хімічних реакцій характеризується константою швидкості, що дає підстави для розрахунку інтегральної константи швидкості процесу в цілому. В умовах водовідбору утворюється депресійна воронка, яка зумовлює низхідний рух води, що спричиняє інтенсифікацію вилуговування хімічних сполук з порових розчинів та порід у радіальному напрямку. Тобто напрямок процесу задається зовнішнім техногенним втручанням, що визначає правомірність аналізу результатів з позицій формальної кінетики для незворотного процесу.

За експоненційними трендами динаміки параметрів техногенного потоку мінеральних речовин (рис. 5) розраховано константу швидкості їх зміни у період 1980-2010 рр., яка становить  $-0,0369 \pm 6,6 \%$ . Порівняна відповідність величини цієї константи для різних показників дає підстави для її застосування у якості інструменту прогнозування хімічного складу води в умовах інтенсивного водовідбору.

У **четвертому розділі** «Оцінка інтенсивності водообміну в сеноман-келовейському водоносному комплексі на території м. Києва» наведено методику та представлено результати оцінки інтенсивності водообміну за допомогою балансового, гідродинамічного методів, а також за даними вмісту тритію у підземних та поверхневих водах на території м. Києва.

Балансовим методом визначено процент надходження поверхневих вод (доля природного інфільтраційного живлення) до сеноман-келовейського водоносного комплексу, який дорівнює приблизно 21 % (табл. 2).

За допомогою гідродинамічного методу автором розрахована швидкість вертикального руху підземних вод у водообмінній системі на території м. Києва, яка визначається швидкістю руху в найменш проникному шарі. Було розраховано приблизний час проходження води крізь крейдяно-мергельну товщу верхньої крейди  $t$  за наступною залежністю:

$$t = \frac{\Delta l^2 \cdot n_a}{k \cdot \Delta H}, \quad (1)$$

де  $\Delta l$  – довжина шляху фільтрації,  $n_a$  – активна пористість,  $k$  – коефіцієнт фільтрації при вертикальному русі води,  $\Delta H$  – різниця п'єзометричних напорів.

Значення вихідних величин автором прийняті за даними А.О. Сухорєброго, 1989 ( $\Delta l = 60$  м,  $n_a = 0,05$ ); Д.Р. Літвача та ін., 1972, О.П. Нікітша та ін., 2010 ( $k = 0,001$  м/доба); В.М. Шестопалова та ін., 1991 ( $\Delta H = 30-70$  м).

За результатами розрахунків час проходження води дорівнює 7-16 років, у середньому 12 років.

Отримані результати балансового та гідродинамічного розрахунків добре узгоджуються з висновками, які раніше були зроблені В.М. Шестопаловим зі співавт. (1989, 1991).

Відсоток надходження поверхневих вод до сеноман-келовейського водоносного комплексу

Загальні ресурси підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу		Ресурси підземних вод комплексу, що формуються за рахунок природного інфільтраційного живлення протягом року	
Площа території міста, км <sup>2</sup>	840	Площа території міста, км <sup>2</sup>	840
Усереднена величина потужності водонасичених порід (О.П. Нікіташ та ін., 2010), м	70	Середня величина інтенсивності інфільтраційного живлення (О.Є. Кошляков та ін., 2012), м/доба	0,0004
Коефіцієнт гравітаційної водовіддачі гірських порід (О.П. Нікіташ та ін., 2010)	0,001	Ресурси підземних вод комплексу, що формуються за рахунок природного інфільтраційного живлення, км <sup>3</sup>	<b>0,123</b>
Усереднена величина гідродинамічного напору над покрівлею комплексу (О.П. Нікіташ та ін., 2010), м	55		
Коефіцієнт пружної водовіддачі пласта (О.П. Нікіташ та ін., 2010)	$1,5 \cdot 10^{-5}$		
Ємнісні гравітаційні запаси підземних вод, км <sup>3</sup>	0,588		
Ємнісні пружні запаси підземних вод, км <sup>3</sup>	$6,9 \cdot 10^{-4}$		
Загальні ресурси підземних вод комплексу, км <sup>3</sup>	<b>0,589</b>		
Доля природного інфільтраційного живлення у загальних ресурсах підземних вод комплексу, %	<b>21</b>		

Для уточнення балансових розрахунків автором застосовано ізотопно-геохімічний метод, обґрунтований Е.В. Соболичем зі співавт. (1977). З цією метою у лютому-квітні 2014 р. було здійснено пробовідбір води з 77 бюветних свердловин на території м. Києва, в яких визначено вміст тритію. Вміст ізотопної мітки – тритію – у підземних водах об'єктивно віддзеркалює результат дії природних та техногенних чинників формування підземного вертикального водообміну.

Оцінка частки поверхневих вод, які надходять до підземного водоносного горизонту визначалася за формулою:

$$Q = -\frac{1}{\tau} \ln \frac{y-g}{y_0-g} \times V, \quad (2)$$

де  $Q$  – кількість води, що надходить до підземних вод з поверхні, м<sup>3</sup>;  $\tau$  – час надходження (365 діб);  $y$  – існуюча концентрація радіоактивного ізотопу (тритію) у підземних водах водоносного комплексу (5,6 Бк/дм<sup>3</sup>);  $y_0$  – початкова концентрація радіоактивного ізотопу у підземних водах (0 Бк/дм<sup>3</sup>);  $g$  – концентрація ізотопу у поверхневих водах, що надходять (10 Бк/дм<sup>3</sup>);  $V$  – об'єм водоносного комплексу (59,4 м<sup>3</sup>).

Встановлено, що частка поверхневих вод, які наразі беруть участь у формуванні сеноман-келовейського водоносного комплексу дорівнює 23 %, а час надходження – 10,4 роки, що приблизно відповідає періоду напіврозпаду тритію.

У **п'ятому розділі** «Побудова і аналіз схематичних карт вмісту тритію в підземних водах сеноман-келовейського водоносного комплексу та часу надходження поверхневих вод у цей комплекс для території м. Києва» наведено методику побудови і представлені результати аналізу радіогідрогеохімічних карт

вмісту тритію в підземних водах сеноман-келовейського водоносного комплексу та орієнтовного часу надходження поверхневих вод у цей комплекс.

За результатами ізотопно-радіогідрогеохімічного дослідження було побудовано карту розподілу тритію у досліджуваному водоносному комплексі (рис. 6) та карту аномальних зон вмісту тритію у порівнянні з фоновими величинами (в межах яких активність тритію складає 7 Бк/дм<sup>3</sup> і більше). Виділення аномально високих порівняно з фоновими значень тритію було здійснено за допомогою побудови гістограм розподілу у середовищі ArcGIS-ArcMap 9.3 з інтервалами, виділеними за природними межами та за середньоквадратичним відхиленням. Побудовані радіогідрогеохімічні карти свідчать про те, що ділянки найбільш інтенсивного зв'язку підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу з вищезалігаючими підземними та поверхневими водами приурочені переважно до долини р. Дніпро, частини Придніпровської низовини та долин малих річок у місцях інтенсивної експлуатації згаданого водоносного комплексу, що співпадає з отриманими раніше результатами зі стійких змін макрокомпонентного складу.

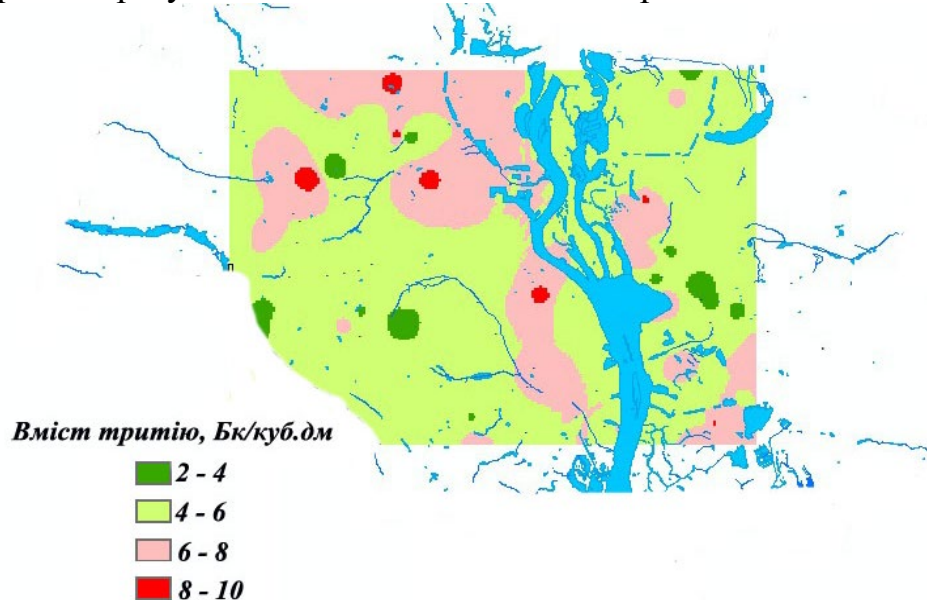


Рис. 6. Карта-схема розподілу тритію у підземних водах сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва

Грунтуючись на отриманих автором даних щодо вмісту тритію у підземних водах досліджуваного водоносного комплексу та в поверхневих водах, методами геостатистичного аналізу територію м. Києва ранжовано за часом надходження поверхневих вод до досліджуваного водоносного комплексу (рис. 7), на якій виділено критичні ділянки (< 5 років), ділянки інтенсивного (5-10 років), помірного (природні темпи) (10-20 років) та уповільненого водообміну (понад 20 років). У більшій частині досліджуваного водоносного комплексу на території м. Києва (58,7 %) наразі збереглися природні темпи водообміну.

Критичні ділянки у просторовому відношенні обіймають близько 1 % території міста, ділянки з підвищеним темпом водообміну – близько 39,2 %. До критичних ділянок приурочено такі техногенні об'єкти: підприємство «Лакма», Склотарний завод, завод «Авіант», підприємство Фармак, завод «Арсенал», в межах впливу яких існує загроза надходження забруднюючих речовин до підземних вод. Найменший

час надходження поверхневих вод притаманний для долини р. Дніпро, долин малих річок, а також до частини Придніпровської низовини. Для ділянок з найменшим часом надходження поверхневих вод (1-5 років), згідно з В.М. Гольдбергом (1984), існує небезпека виникнення бактеріального (або мікробного) забруднення.

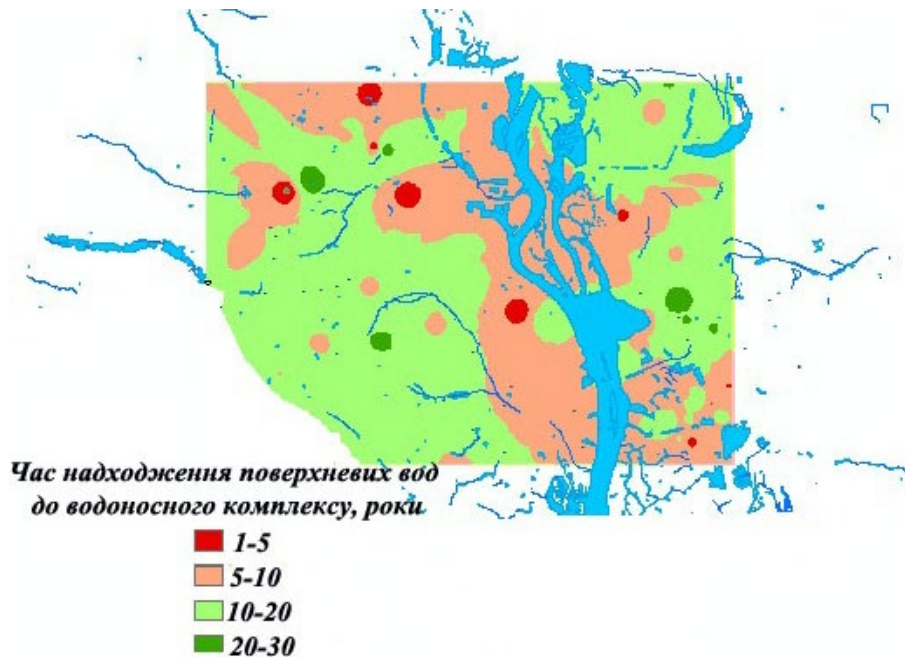


Рис. 7. Карта-схема орієнтовного часу надходження поверхневих вод до сеноман-келовейського водоносного комплексу

## ВИСНОВКИ

У дисертації узагальнено результати експериментальних та теоретичних досліджень щодо еволюції хімічного складу сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва за період з кінця XIX – початку XXI ст., досліджено вплив техногенних чинників на формування якісного складу питної води.

1. У середовищі ГІС створено макет бази даних основних компонентів хімічного складу підземних вод досліджуваного комплексу та візуалізовано їх розподіл. Виконано типізацію території м. Києва за особливостями геолого-геоморфологічної будови території та експлуатації комплексу: рівнинна частина Придніпровської височини, лесові останці Придніпровської височини, долини малих річок, долина р. Дніпро та частина Придніпровської низовини.

2. Виявлено, що тривала експлуатація питних підземних вод сеноман-келовейського комплексу призвела до значущих змін їх хімічного складу, зокрема за індексом якості води за найгіршими величинами, розрахованому згідно ДСТУ 4808:2007, відбулося погіршення якості води, пов'язане зі зростанням мінералізації, окиснюваності, загальної жорсткості, рН, а також вмісту іонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ .

3. У результаті порівняння даних про хімічний склад підземних вод комплексу для різних періодів часу за допомогою математико-статистичних методів, виявлено загальну тенденцію до збільшення в часі величини мінералізації, зміни вмісту розчинених амонійних сполук та окиснюваності; з'ясовано, що хімічний склад

сеноман-келовейського водоносного комплексу був відносно сталим у період з 60–80-х до 90-х років ХХ ст., а на початку ХХІ ст. спостерігається його просторова диференціація.

4. З'ясовано, що погіршення якості підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва обумовлено передусім його тривалою експлуатацією, що викликало істотні порушення у співвідношенні гідродинамічних напорів між суміжними водоносними шарами та інтенсифікацію низхідного руху в зоні активного водообміну. При цьому час надходження поверхневих вод до водоносної системи, розрахований за власними ізотопно-геохімічними даними, становить у середньому 10-12 років, а частка поверхневих вод у ресурсах сеноман-келовейського водоносного комплексу, розрахована гідродинамічно-балансовим методом, дорівнює приблизно 21-23 %.

5. Встановлено, що сучасне формування хімічного складу води сеноман-келовейського комплексу великою мірою визначається техногенними чинниками: величиною водовідбору, пов'язаною з обсягами промислового виробництва. Величини нормованих по водовідбору показників хімічного складу з високим коефіцієнтом кореляції (-0,54 – -0,86) є дзеркальним відображенням динаміки виробництва електроенергії в Україні як опосередкованого показника техногенного навантаження на підземну гідрогеосферу.

6. Виявлено, що у період спаду промислового виробництва в Україні з 80-х років минулого століття винесення мінеральних речовин техногенним потоком з водоносного комплексу характеризується константою швидкості  $-0,0369 \pm 6,6\%$ . Вперше встановлені регресійні залежності та параметри швидкості техногенного потоку мінеральних речовин є універсальним інструментом прогнозування якості води сеноман-келовейського водоносного комплексу.

7. Виявлено найбільш уразливі з точки зору погіршення якості підземних вод ділянки м. Києва: долини малих річок, р. Дніпро, а також частина Придніпровської низовини, для яких характерними є часткове руйнування слабопроникних шарів. Також для них властиві найменші величини часу надходження поверхневих вод до сеноман-келовейського водоносного комплексу та підвищений вміст тритію у підземних водах. Інтенсифікація руху підземних вод внаслідок нарощування водовідбору містить реальну загрозу для безпеки централізованого питного водопостачання м. Києва за рахунок сеноман-келовейського водоносного комплексу.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних*

1. **Кошлякова Т.О.** Зміни хімічного складу питних підземних вод м. Києва в процесі експлуатації / Т.О. Кошлякова // Зб. наук. праць ІГН НАН України. – 2011. – Вип. 4. – С. 88–93 (база РИНЦ Science Index).
2. **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 ім. І.І. Мечнікова. Географічні та геологічні науки. – 2013. – Т.18., вип. 1(17). – С. 243–248 (база Index

Copernicus Journal Master List).

3. Кошляков О.Є. Виявлення динаміки змін хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу у м. Києві за допомогою методів математичної статистики / О.Є. Кошляков, **Т.О. Кошлякова** // Наук. вісн. Нац. гірничого ун-ту. – Дніпропетровськ, 2014. – №3(141). – С. 5–10. (*Особистий внесок – математичні розрахунки та інтерпретація отриманих результатів*) (база Scopus та Index Copernicus Journal Master List).
4. **Кошлякова Т.О.** Техногенний вплив на якість питної води у б'юветах м. Києва (на прикладі сеноман-келовейського водоносного комплексу) / Т.О. Кошлякова, О.Є. Кошляков, М.М. Коржнев // Вісн. Одеськ. нац. ун-ту ім. І.І. Мечнікова. Географічні та геологічні науки. – 2014. – Т. 19, вип. 4(23). – С. 311–318. (*Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень, математичні розрахунки та інтерпретація отриманих результатів*) (база Index Copernicus Journal Master List).

#### *Статті у наукових фахових виданнях*

5. **Кошлякова Т.О.** Зміни гідрогеохімічних умов сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва за даними багаторічних спостережень / Т.О. Кошлякова // Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2009. – № 46. – С. 47–50.
6. Кошляков О.Є. Зміни хімічного складу підземних вод водоносного комплексу у відкладах іваницької світи середньої та верхньої юри і загорівської, журавинської, буромської світ нижньої та верхньої крейди в межах м. Києва під впливом експлуатації / О.Є. Кошляков, **Т.О. Кошлякова** // Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2010. – № 49. – С. 35–37. (*Особистий внесок – аналіз літератури, обробка та узагальнення результатів експериментальних досліджень*).
7. Кошляков О.Є. Геоінформаційна база даних хімічного складу питних підземних вод для території м. Києва / О.Є. Кошляков, **Т.О. Кошлякова** // Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2010. – № 51. – С. 35–38. (*Особистий внесок – створення та обґрунтування фактографічної бази даних результатів хімічного аналізу підземних вод*).
8. **Кошлякова Т.О.** Визначення основних тенденцій щодо змін стану питних вод у м. Києві / Т.О. Кошлякова // Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2012. – № 57. – С. 69–72.
9. **Koshliakova T.** Potable cenomanian-callovian groundwater complex chemical composition changes dynamics in Kyiv as a result of long-term exploitation / T. Koshliakova // Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2013. – № 4 (63). – С. 70–73.

#### *Публікації в інших виданнях, тези наукових доповідей*

10. **Кошлякова Т.О.** Аналіз змін гідрогеохімічних умов сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва / Т.О. Кошлякова // Геологія 21-го століття: Мат-ли Всеукр. студентської наук. конф., (16-19.04.2008) – Одеса, 2008. – С. 45–47.
11. **Кошлякова Т.О.** Сучасний стан використання питних підземних вод / Т.О. Кошлякова // Зб. наук. статей III Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця, 2011. – Т. 1. – С. 204–207.

12. **Кошлякова Т.О.** Зміни хімічного складу питних підземних вод м. Києва в процесі експлуатації / Т.О. Кошлякова // Сучасні напрямки української геологічної науки: Зб. мат-лів молодіжної наук. конф. – К., 2011. – С. 30–31.
13. Кошляков О.Є. Зміна якості питних підземних вод у м. Києві як результат техногенного впливу / Кошляков О.Є., **Кошлякова Т.О.** // Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища: Мат-ли X Міжнар. наук. конф., (Київ, 17-20.10.2012). – К., 2012. – С. 228–230. (*Особистий внесок – аналіз літератури та математичні розрахунки*).
14. **Кошлякова Т.А.** Современное состояние использования питьевых подземных вод в Киеве / Т. А. Кошлякова // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012: мат-лы междунар. научно-практ. конф.: Сб. науч. трудов SWorld. – Одесса, 2012. – Вып. 4, т. 48. – С. 57–65.
15. Диняк О.В. Оцінка зміни гідрохімічних умов питних підземних вод у м. Києві з урахуванням їх захищеності / О.В. Диняк, І.Є. Кошлякова, **Т.О. Кошлякова** // Зб. наук. статей IV Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця, 2013. – Т. 1. – С. 204–207. (*Особистий внесок – аналіз та узагальнення літератури*).
16. **Кошлякова Т.О.** Еволюція хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва / Т.О. Кошлякова // Зб. мат-лів 5-ї всеукраїнської наук. конф. молодих вчених. К. – 2013. – С. 41–42.
17. 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 природоведческих наук: Сб. науч. трудов, посвященный 155-летию со дня рождения академика Павла Аполлоновича Тутковского, (Киев, 15-17.05.2013) – К., 2013. – С. 304–309. (*Особистий внесок – побудова картографічних схем, математичні розрахунки та інтерпретація отриманих результатів*).
18. **Кошлякова Т.О.** Оцінка уразливості питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу в м. Києві за ізотопно-радіохімічними даними / Т.О. Кошлякова // Проблеми гідрології на сучасному етапі: мат-ли I наук. конф., присвяч. пам'яті проф. Харків. ун-ту І.К. Решетова (Харків, 5-6.11.2014) / ІГН НАН України [та ін.]. – Харків, 2014. – С. 69–70.

### АНОТАЦІЯ

**Кошлякова Т.О. Техногенна еволюція хімічного складу підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу на території м. Києва. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, 2015.

У дисертаційній роботі викладено результати дослідження з виявлення змін хімічного складу питних підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу у м. Києві внаслідок техногенного втручання. Визначено величини індексів якості води сеноман-келовейського водоносного комплексу за загальносанітарними хімічними показниками з кінця ХІХ до початку ХХІ ст.

Розроблено методику систематизації, впорядкування, аналізу різночасових даних у відповідності до формування фактографічної бази даних за основними показниками хімічного складу підземних вод. Встановлено зв'язок хімічного складу підземних вод з техногенними чинниками. За допомогою «кінетичного» підходу визначено часові закономірності зміни показників якості води. На кількісному рівні оцінено процес змішування підземних вод досліджуваного водоносного комплексу з атмосферними опадами та поверхневими водами. Виділено найбільш уразливі до техногенного впливу на підземні води ділянки території м. Києва: долини малих річок, р. Дніпро та частина Придніпровської низовини.

**Ключові слова:** підземні води, якість води, хімічний склад, інтенсивність водообміну, техногенний вплив.

### АННОТАЦИЯ

**Кошлякова Т.А. Техногенная эволюция химического состава подземных вод сеноман-келовейского водоносного комплекса на территории г. Киева. – Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата геологических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», Киев, 2015.

В диссертационной работе изложены результаты исследования по выявлению изменений химического состава питьевых подземных вод сеноман-келовейского водоносного комплекса в г. Киеве вследствие техногенного вмешательства. Определены величины индексов качества воды сеноман-келовейского водоносного комплекса по общесанитарным химическим показателям с конца XIX до начала XXI в. Разработана методика систематизации, упорядочения, анализа разновременных данных в соответствии с формированием фактографической базы данных по основным показателям химического состава подземных вод. Установлена связь химического состава подземных вод с техногенными факторами. При помощи «кинетического» подхода определены временные закономерности изменения показателей качества воды. На количественном уровне выполнена оценка процесса перемешивания подземных вод исследуемого водоносного комплекса с атмосферными осадками и поверхностными водами. Выделены наиболее уязвимые к техногенному влиянию на подземные воды участки территории г. Киева: долины малых рек, р. Днепр и часть Приднепровской низменности.

**Ключевые слова:** подземные воды, качество воды, химический состав, интенсивность водообмена, техногенное влияние.

### SUMMARY

**Koshliakova T.O. Technogenic evolution of cenomanian-callovian groundwater complex chemical composition in Kyiv. – Manuscript.**

Thesis for the candidate degree in geological sciences by specialty 21.06.01 – Ecological safety. – State Institution «Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, 2015.

Dissertation work contains the results of investigation directed to reveal groundwater chemical composition changes of cenomanian-callovian groundwater complex in Kyiv as a result of man-caused influence.

Nowadays Kyiv population potable water supply is realized both at the expense of surface water (75,9 % of city supply general balance) and groundwater (24,1 %). Since surface waters are more vulnerable to man-caused factors and need considerable preliminary water preparation for potable quality assurance, strategically important potable water source is groundwater.

In hydrogeological sense urban-industrial Kyiv agglomeration is situated in the boundary area of Dnieper- Donets artesian basin, it's cross-section contains system of story situated artesian aquifers. Long-termed exploitation of hydraulic works reduced to lateral and radial water flow directions modifications and to changes of resources forming conditions and water quality of operational aquifers.

During the research water quality index values of cenomanian-callovian groundwater complex, based on common sanitary coefficients, were determined from the end of the XIX to the beginning of the XXI century. Water quality deterioration connected with increase of total mineralization, oxidizability, water hardness, pH and ion content of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  was revealed.

Groundwater chemical composition connection with man-caused factors was determined. Temporal regularities of water quality coefficients changes were defined by using of «kinetic» approach.

Cenomanian-callovian groundwater complex modern state analysis which includes examination of both hydrodynamic and hydrogeochemistry conditions was executed; geoinformation database model of observable complex potable groundwater chemical composition main components was created.

It was revealed that water quality deterioration of cenomanian-callovian groundwater complex is primarily made by its prolonged exploitation. This process is caused by considerable disturbances in correlations of hydraulic heads between adjacent aquifers and intensification of downward movement in active water cycle zone. At that the time of surface water arrival to groundwater system, considered by proper isotopic-geochemistry data, is equal to 10-12 years and the lobe of surface water in cenomanian-callovian groundwater complex resources, obtained by using of hydrodynamic-balance method, is equal to 21-23 %.

Comparison of cenomanian-callovian groundwater complex chemical analysis results for different time periods at quantitative level was implemented by mathematical-statistical methods using.

Vizualization of ground water chemical composition primary indicators distributing on area by means of GIS-technologies with the aim of observable complex ground water chemical composition changes tendencies spatial estimation was executed; city territory appropriate typification was implemented.

The most vulnerable to man-caused influence areas in Kyiv were choosed: minor rivers valleys, the Dnipro river valley and the part of Prydniprovska lowland. They are characterized by the least values of the surface water arrival time to cenomanian-callovian groundwater complex and by heightened tritium content in groundwater. Groundwater movement intensification as a result of water withdrawal raising serve as a real threat to centralized potable water supply safety at the expense of cenomanian-callovian groundwater complex.

During the research the main methodology thesis of combined using of geoinformatics

systems and probabilistic mathematical modeling for the purpose of ground water chemical composition tendencies revelation as a result of long-term exploitation were developed.

Practical application of determined cenomanian-callovian complex potable ground water chemical composition and quality class changes tendencies in Kyiv will allow to prevent further ground water quality worsening with the help of exploitation system optimization. Obtained results have the potential to become the basis for the potable ground water chemical composition monitoring system development in Kyiv; methodical approaches and techniques can be used for urbanized territories ground water study.

**Keywords:** groundwater, water quality, chemical composition, water cycle intension, man-caused influence.

Підписано до друку 07.04.2015 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Друк цифровий.

Обсяг 0,9 ум.-друк. арк. Наклад 100 прим. Зам. № П-2015-170

---

Надруковано у центрі оперативної поліграфії ФОП Кравченко Я.О.

03039, м. Київ, пр-кт. Червонозоряний, 119.

Тел. (044) 561-95-31, (067) 506-57-55