

ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ҐРУНТОВИХ ВОД В МЕЖАХ ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОГО ПРОГИНУ

Р. П. Паньків, М. В. Кость, І. І. Сахнюк, О. М. Майкут, О. Б. Мандзя,
І. П. Навроцька, Р. П. Козак

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів
e-mail: M_Kost_2007@ukr.net

В даній роботі на основі визначення показників хімічного складу ґрунтових вод оцінено їхній екологічний стан та ступінь забруднення. Зафіксовано підвищений вміст нітратів, Силіцію, високі значення лужності та загальної жорсткості. Виявлено відхилення показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод від нормативних величин. Встановлено, що формування геохімічного складу ґрунтових вод зумовлено впливом факторів геологічного, фізико-хімічного та техногенного походження. Наведено рекомендації щодо зменшення забруднення питної води та покращення її якості.

Ключові слова: ґрунтові води, геохімічні особливості, ступінь забруднення, коефіцієнт кореляції, фактори впливу.

Вступ

Забезпечення населення якісною водою є досить актуальною проблемою. Практично всі поверхневі, ґрунтові й частково підземні води забруднені промисловими, побутовими, сільськогосподарськими стоками, їхня якість не відповідає чинним санітарним нормам. Основним джерелом водопостачання сільського населення є підземні води першого від поверхні водоносного горизонту, який є недостатньо захищеним від проникнення забруднень. Залежно від частоти і кількості опадів значно коливається рівень ґрунтових вод, а в залежності від забруднення ґрунту змінюється їхній склад.

Найбільшим ризиком, пов'язаним зі станом здоров'я населення, що виникає при споживанні питної води, є підвищений вміст нітратів, Феруму та низький Йоду, Фтору і Магнію, які є показниками фізіологічної повноцінності питної води і визначають відповідність її мінерального складу біологічним потребам організму людини. Слід зазначити, що некондиційний склад питної води призводить до зниження імунітету до різного роду захворювань, порушує обмін речовин, викликає серцево-судинні хвороби і негативно діє на генетичний код.

Аналіз останніх досліджень і публікацій з даної теми

Незадовільна якість питної води – це проблема, характерна на даний час для багатьох сільських населених пунктів України. Покращення якості води, яка споживається населенням, визнано Верховною Радою України одним із основних пріоритетів охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів, що гарантується [1-4].

Даній проблемі присвячені роботи [5-9] та ін. Однак у даних дослідженнях аспекти щодо геохімічних особливостей ґрунтових вод в межах території Львівського прогину відсутні, чим і обумовлені вибір теми дослідження.

Мета роботи – встановити геохімічні особливості ґрунтових вод в межах території Львівського прогину.

Робота виконана в рамках бюджетних тем “Гідрогеоекологічні дослідження Львівського прогину в зв'язку з нафтогазоносністю” та “Геооекологічні проблеми заходу України (на прикладі території Львівської області)” нашого Інституту.

Проведено відбір 50 проб ґрунтових вод, виконано аналітичне визначення показників хімічного складу та порівняно їх кількості із [10]. Аналізи вод виконано авторами в атестованій лабораторії згідно з ДСТУ та ГОСТів. Оцінювали наступні показники: мінералізацію, твердість, окиснюваність перманганатну, вміст Натрію, Калію, Кальцію, Магнію, наявність хлоридів, сполук амонію, нітратів, нітритів, сульфатів, гідрокарбонатів, фосфатів, Фтору, Силіцію, Літію, Стронцію та ряду важких металів.

Результати та їх обговорення

За фізико-географічними умовами досліджувана територія розташована у лісостеповій кліматичній зоні помірно-континентального поясу. Вона характеризується густою річковою сіткою, що пов'язано з великою кількістю опадів та значним ерозійним розчленуванням поверхні. Переважають дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі та чорноземні опідзолені ґрунти. За сольовим складом води належать до гідрокарбонатно-кальцієвого типу, мають низьку мінералізацію та невисоку твердість [11]. Проте внаслідок антропогенного впливу вони зазнали докорінних змін природного гідрохімічного, гідродинамічного режиму.

В таблиці 1 наведено порівняння питомої ваги проб на території західних областей України впродовж 2010–2012 років, які за даними [12] не відповідають встановленим нормам за санітарно-хімічними показниками. Як бачимо, незадовільний стан ґрунтових вод показує, що проблеми у сфері охорони вод від забруднення та виснаження не знайшли вирішення.

Проведені нами дослідження ґрунтових вод показали, що вони характеризуються величиною водневого показника 6,19–9,30 од. рН, загальною мінералізацією – 0,23–1,58 г/дм³, лужністю – 1,2–10,4 ммоль/дм³ та змішаним аніонним (з переважанням гідрокарбонатів, рідше сульфатів (3 проби) або хлоридів (2 проби), нітратів (1 проба)) та катіонним (з переважанням кальцію, і лише в одній пробі калію) складом. Кількості фосфатів становили < 0,01–3,01 мг/дм³, фторидів – 0,1–0,35 мг/дм³, сполук амонію – 0–2,31 мг/дм³, і не перевищували гранично допустимих концентрацій для питних вод (ГДКв).

Таблиця 1. Питома вага проб з систем децентралізованого водопостачання (у %), які не відповідають встановленим нормам за санітарно-хімічними показниками [12]

Область	Питома вага не відповідаючих нормам проб (%) по роках		
	2010	2011	2012
Волинська	18,2	20,9	17,4
Рівненська	26,2	28,8	26,2
Львівська	7,3	5,5	5,7
Тернопільська	36,6	17,7	18,1
Івано-Франківська	9,9	8,1	9,9
По Україні	34,2	32,0	29,3

Зафіксовано підвищені значення мінералізації (1,06 ГДКв – 1 проба), загальної жорсткості (1,00–1,96 ГДКв – 9 проб), окиснюваності перманганатної (1,24–16,9 ГДКв – 5 проб), високі вмісти Силіцію (1,00–2,35 ГДКв – 17 проб), нітритів (3,07 ГДКв – 1 проба), нітратів (1,08–5,69 ГДКв – 23 проби). Концентрації Fe ($\leq 0,01$ –0,89 мг/дм³), Mn ($\leq 0,002$ –0,39), Cu ($\leq 0,002$ –0,013), Zn ($\leq 0,005$ –0,076), Sr (0,21–3,29), Li ($< 0,002$ –0,073), Cr (0,002–0,005), Mo (0,004–0,026), V (0,002–0,009) не перевищували ГДКв. І лише в одній пробі кількість Mn становила 0,83 мг/дм³ (1,66 ГДКв). Вміст інших металів знаходився нижче ГДКв та межі виявлення (мг/дм³): Pb, Co, Ni $< 0,01$; Ag $< 0,005$; Cd $< 0,001$.

Слід зазначити, що у 42 % проаналізованих нами проб рівень нітратів перевищує їх ГДКв. За даними [13], перевищення по вмісту нітратів у 2011 році виявлено у 13,4 % проб Львівщини.

Найгірший стан води зафіксовано в населених пунктах у Сокальському, Радехівському, Жовківському, Жидачівському, Миколаївському, Пустомитівському районах. Підвищений вміст нітратів є наслідком легкого проникнення у водоносні горизонти мінеральних і органічних добрив, стоків від місць складування твердих відходів, рідких стоків, які утворюються при утримуванні худоби, при удобренні ґрунту рідким гноєм. Відомо, що нітрати характеризуються досить широким спектром токсичної дії на живі організми. Основна маса нітратів потрапляє до організму людини із питною водою. Нітрати швидко всмоктуються в шлунково-кишковому тракті, частина їх у незмінному вигляді виводиться з організму, а інша – метаболізує до нітритів та інших сполук, в тому числі і канцерогенних нітрозоамінів, що володіють канцерогенною, мутагенною, ембріотоксичною дією [14]. Все це негативно позначається на окисно-відновних процесах в організмі, сприяє утворенню метгемоглобіну.

Перевищення ГДКв щодо загальної жорсткості (≤ 10 мг/дм³) у досліджуваних водах викликано підвищеним вмістом кальцію. Висока жорсткість погіршує органолептичні властивості води, надаючи їй гіркуватого присмаку та негативно впливає на органи травлення людини.

У водах спостерігається деяке підвищення вмісту Силіцію, яке, очевидно, пов'язано з фізико-географічними умовами району.

Відповідність мінерального складу питної води біологічним потребам організму людини визначають показники її фізіологічної повноцінності. Порівняння фактичних значень складу ґрунтових вод з нормативними наведено в таблиці 2. Як бачимо, відхилення від нормативних величин характерні практично для більшості визначуваних показників. Так, наприклад, вміст фтору нижче нормативного. Відомо, що недостатній (менше 0,5 мг/дм³), вміст цього елемента у воді сприяє підвищенню захворюваності населення на карієс зубів.

Таблиця 2. Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

Показник	Нормативні значення [10]	Фактичні значення	Відсоток проб зі значеннями	
			менше норми	більше норми
Сухий залишок, мг/дм ³	200–500	344,23–1583,33	0	74
Загальна лужність, ммоль/дм ³	0,5–6,5	1,2–10,4	0	28
Кальцій, мг/дм ³	25–75	17,03–364,71	2	80
Магній, мг/дм ³	10–50	1,82–49,82	26	0
Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	1,5–7,0	1,40–19,60	2	60
Натрій, мг/дм ³	2–20	2,14–128,60	0	48
Калій, мг/дм ³	2–20	0–106,7	20	30
Йод, мкг/дм ³	20–30	не визначали	–	–
Фториди, мг/дм ³	0,7–1,2	<0,1–0,35	100	0

Оцінку екологічного статусу ґрунтових вод проведено за формулою [15]:

$$\Sigma [(C_1/\Gamma ДК_1) + (C_2/\Gamma ДК_2) + \dots + (C_n/\Gamma ДК_n)],$$

де C_1, C_2, \dots, C_n – показники концентрації різних забруднювальних речовин у ґрунтовій воді (мг/дм³);

ГДК₁, ГДК₂, ... ГДК_n – граничнодопустимі концентрації забруднювальних речовин у ґрунтовій воді.

Градація ступеня забруднення та екологічного стану наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Ступінь забруднення ґрунтових вод та їх екологічний стан [15]

№ п/п	Ступінь забруднення ґрунтових вод	Коефіцієнт сумарного забруднення	Екологічний стан природного середовища
1	умовно чисті	0–3	сприятливий
2	слабко забруднені	3–10	задовільний
3	середньо забруднені	10–20	напружений
4	сильно забруднені	> 20	складний

Порівняльний аналіз складу ґрунтових вод з [10], розрахунок коефіцієнта сумарного забруднення [15], показали, що їх екологічний стан задовільний, а ступінь забруднення – слабо забруднені. І лише в 2 пробах показники не відповідають нормам. На величину цього коефіцієнта значний вплив мають підвищені кількості нітратів, Силіцію, лужності, амонію, величини загальної жорсткості, окиснюваності перманганатної.

Перевірка розподілу основних показників ґрунтових водах досліджуваної території показала, що відхилення від нормального закону для рівня значущості 0,01 простежуються для нітритів, карбонатів, окиснюваності перманганатної, амонію, фосфатів, Калію, Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Li, Cr, Mo та V.

У таблиці 4 представлені результати кореляційного методу аналізу, виконані за допомогою програми STATISTICA 6. Встановлено тісний кореляційний зв'язок мінералізації (M) з загальною жорсткістю (+0,75), слабкий - з гідрокарбонатами (+0,69), Кальцієм (+0,65), Магнієм (+0,61), Натрієм (+0,55), сульфатами (+0,53). Загальна жорсткість досить тісно корелює з Кальцієм (+0,96), слабше з сульфатами (+0,70), гідрокарбонатами (+0,65), Магнієм (+ 0,58). Натрій тісно корелює з хлоридами (+0,71), Магній – з гідрокарбонатами (+0,67). Для Калію відмічено тенденцію до зв'язку з нітратами (+0,53), карбонатами (+0,52), Магнієм (+0,46), гідрокарбонатами (+0,38) та Силіцієм (+0,31). Це дозволяє зробити висновок про важливу роль головних іонів та мінералізації у формуванні хімічного складу ґрунтових вод, зумовленого складом водовміщуючих порід, які поширені в літолого-мінералогічному комплексі водного басейну.

Для амонію відмічено тенденцію до взаємозв'язку з фосфатами (+0,41), фторидів – з гідрокарбонатами (+0,34), Силіцієм (+0,33) та мінералізацією (+0,34). Відомо, що в незабруднених водах присутність іонів амонію пов'язана з процесами біохімічної деградації білкових речовин, розкладом сечовини під дією уреаз. При розкладанні органічних речовин у воді з'являються фосфор, фтор та ін. Поява підвищених концентрацій іонів амонію у воді може бути наслідком діяльності тваринницьких ферм та поверхневого стоку з сільгоспугідь у випадку використання аміачних добрив.

Встановлено наявність прямого кореляційного зв'язку високого рівня між окиснюваністю перманганатною і нітритами (+0,98). Нітрати слабо корелюють з Калієм (+0,53).

На основі статистичного аналізу даних виділено 3 найсильніші фактори впливу на геохімічний склад ґрунтових вод (табл. 5).

Таблиця 4. Коefіцієнти кореляції основних компонентів ґрунтових вод в межах території Львівського прогину

М	рН	Ж.заг	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Si	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	O _{перм}	F	PO ₄ ³⁻
1,00																	
-0,00	1,00																
0,75	-0,18	1,00															
0,55	0,15	0,22	1,00														
0,47	0,43	0,13	0,48	1,00													
0,65	-0,24	0,96	0,12	-0,00	1,00												
0,61	0,05	0,58	0,35	0,45	0,32	1,00											
0,11	0,09	0,06	0,14	0,04	0,03	0,03	1,00										
0,20	0,51	0,04	-0,02	0,31	-0,03	0,18	0,19	1,00									
0,40	-0,07	0,36	0,71	0,14	0,32	0,28	0,07	-0,20	1,00								
0,53	-0,16	0,70	0,04	0,07	0,73	0,23	-0,03	0,12	0,03	1,00							
0,69	0,06	0,65	0,37	0,38	0,52	0,67	0,24	0,15	0,25	0,08	1,00						
-0,05	0,67	-0,27	0,10	0,52	-0,30	-0,05	-0,05	0,49	-0,06	-0,00	-0,20	1,00					
-0,08	-0,12	-0,04	-0,16	-0,10	0,01	-0,14	-0,04	-0,18	-0,04	-0,06	-0,03	-0,03	1,00				
0,24	-0,00	0,27	0,27	0,53	0,21	0,33	-0,16	-0,08	0,11	0,07	0,20	-0,01	-0,14	1,00			
-0,03	-0,12	-0,02	-0,10	-0,03	0,02	-0,12	0,05	-0,18	0,00	-0,07	0,01	-0,04	0,98	-0,07	1,00		
0,34	0,28	0,21	0,21	0,20	0,13	0,27	0,25	0,33	0,11	0,12	0,34	0,18	-0,18	-0,20	-0,18	1,00	
0,12	0,16	0,08	-0,05	0,07	0,06	0,11	0,41	0,16	-0,03	-0,05	0,25	-0,09	-0,07	-0,07	-0,02	0,19	1,00

Таблиця 5. Факторні навантаження та значущість факторів

Показник	Факторні навантаження		
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
М	0,907148		
рН		0,806681	
Ж. заг.	0,861673		
Ca ²⁺	0,733580		
Mg ²⁺	0,743451		
HCO ₃ ⁻	0,781136		
CO ₃ ²⁻		0,759559	
NO ₂ ⁻			0,841436
O _{перм.}			0,873207

Найпотужніший фактор F_1 з максимальною вагою 27 % впливає на асоціацію мінералізація - жорсткість загальна - Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3^- (див. таблицю 5). Цей фактор зумовлений надходженням цих компонентів з гірських порід (геологічний фактор).

Фактор F_2 вагою 17 % впливає на асоціацію рН – CO_3^{2-} . Водневий показник корелює з карбонатами (+0,67). (див. табл. 4). Враховуючи вплив рН на процеси освітлення, знебарвлення і знезараження, прийнято вважати, що питна вода повинна мати активну реакцію в межах 6,5–8,5. У природних водах він визначається в основному кількісним співвідношенням концентрацій вугільної кислоти та її іонів:



Зміна реакції води має значний вплив на міграційну здатність компонентів. Багато з них рухомі в широкому діапазоні рН і можуть інтенсивно мігрувати як у кислому, так і у лужному середовищі (Натрій, Калій, Літій, Фтор, Хлор та ін.). При рН 8,6–12 у воді присутні гідрокарбонати й карбонати. Цей фактор зумовлений кислотно-лужними умовами та хімічними властивостями елементів (фізико-хімічний фактор).

Фактор F_3 впливає (вага 11 %) на асоціацію NO_2^- – Оперм. і зумовлений техногенним походженням, пов'язаним з діяльністю людини. Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладу органічних речовин в умовах повільного окиснення нітритів в нітрати. Їх наявність у воді свідчить про фекальне забруднення. На забруднення вод вказують і підвищені значення окиснюваності перманганатної, що може бути зумовлено впливом стічних вод і відходів тваринництва.

Висновки

Ґрунтові води в межах території Львівського прогину внаслідок антропогенного впливу зазнали змін природного геохімічного складу. Зафіксовано підвищені вмісти нітратів, Силіцію, високу лужність, окиснюваність перманганатну та високі значення загальної жорсткості. Їхній геохімічний склад формується під впливом факторів геологічного, фізико-хімічного та техногенного походження.

Спільною негативною рисою складу ґрунтових вод є проблема високої жорсткості, пов'язаної з хімічним складом ґрунту, в якому формується водоносний горизонт. Щоб знизити вміст йонів кальцію, воду перед вживанням необхідно кип'ятити і відстоювати.

Значна кількість населення споживає воду з високим вмістом нітратів. Відсутність ефективних методів видалення нітратів з вод в умовах децентралізованого водопостачання лише поглиблює цю проблему. З метою зменшення забруднення слід періодично чистити дно криниці (наприклад, негашеним вапном), а також її стінки від органічних плівок. Доцільним є дотримання самими власниками вимог санітарного законодавства при облаштуванні та утриманні криниць, що дозволить зменшити забруднення питної води та зробити її придатною для споживання людиною.

Необхідним є проведення санітарно-епідеміологічними службами постійного контролю джерел децентралізованого водопостачання за відповідністю їх санітарним вимогам.

Перспективою подальших досліджень є розширення мережі спостереження, оцінка ступеня реальної небезпеки забруднення нітратами, гідрокарбонатами, нітритами, Кальцієм, Калієм ґрунтових вод і розробка методів прогнозування екостанів водних об'єктів з урахуванням безперервно поновлюваної інформації про стан навколишніх ландшафтів і господарську діяльність у межах досліджуваної території.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ ЛЬВОВСКОГО ПРОГИБА

Р. П. Паньків, М. В. Кость, И. И. Сахнюк, О. М. Майкут, О. Б. Мандзя,
И. П. Навроцкая, Р. П. Козак

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины, г. Львов
e-mail: M_Kost_2007@ukr.net

В данной работе на основе определения показателей химического состава грунтовых вод оценены их экологическое состояние и степень загрязнения. Зафиксировано повышенные содержания нитратов, Кремния, высокие значения щелочности и общей жесткости. Выявлены отклонения показателей физиологической полноценности минерального состава питьевых вод от нормативных величин. Установлено, что формирование геохимического состава грунтовых вод обусловлено влиянием факторов геологического, физико-химического и техногенного происхождения. Приведены рекомендации по уменьшению загрязнения питьевой воды и улучшения ее качества.

Ключевые слова: грунтовые воды, геохимические особенности, степень загрязнения, коэффициент корреляции, факторы влияния.

GEOCHEMICAL PECULIARITIES OF GROUNDWATER WITHIN THE TERRITORY OF LVIV TROUGH

R. P. Pankiv, M. V. Kost, I. I. Sakhnyuk, O. M. Maikut, O. B. Mandzya, I. P.
Navrotska, R. P. Kozak

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS, Lviv, Ukraine
e-mail: M_Kost_2007@ukr.net

In this paper based on the definition of indicators of the chemical composition of the groundwater its ecological status and degree of contamination is appraised. Increased content of nitrates, silicon, alkalinity and high values of the general hardness were fixed. Deviations of physiological full value of the mineral composition of drinking water from guideline values were revealed. It was established that the formation of geochemical composition of ground water was due to the influence of factors of geological, physical, chemical and man-made origin. Recommendations for reduction of pollution of drinking water and improvement its quality were cited.

Key words: groundwater, geochemical features, degree of contamination, the correlation coefficient, factors of influence.

Список літератури

1. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" № 1264-ХІІ від 25 червня 1991 р. - 50 с. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
2. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. - К., 2006. - 240 с.
3. Закон України "Про питну воду та питне водопостачання" № 2918-ІІІ від 10 січня 2002 р. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2918-14>
4. Закон України про Загальнодержавну програму "Питна вода України" на 2006-2020 роки від 03.03.2005 № 2455-ІV. - 23 с. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://zakonoposlushnik.narod.ru/oflain/za_89.htm
5. Руденко С. С., Том'юк Б. П., Бербець М. А., Філянович Т. М. Вплив взаємодії Алюмінію і Фтору на захворювання карієсом мешканців Північної Буковини // Екологія та ноосферологія. - 2005. - Т. 16. - № 3-4. - С. 243-248.

6. Архіпова Г. І., Мудрак Т. О., Завертана Д. В. Вплив надлишкового вмісту важких металів у питній воді на організм людини // Вісник НАУ. - 2010. - № 1. - С. 232-235.
7. Волошин П. Просторово-часові закономірності змін хімічного та динамічного режиму підземних вод урбосистеми Львова // Вісник Львів. ун-ту. Серія геогр. - 2010. - Вип. 38. - С. 58-68.
8. Бойко І. А. Загальна характеристика та особливості умов формування підземних вод на території Полтавської області як основного джерела питного водопостачання // Вісник Полтавської державної аграрної академії. - 2011. - № 2. - С. 169-173.
9. Бордюг Н. С. Аналіз санітарного стану якості питної води децентралізованого водопостачання // Технологический аудит и резервы производства. - 2013. - № 5/4(13). - С. 49-51.
10. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) / Наказ МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р. - К., 2010. - 48 с.
11. Підземні води західних областей України / Під ред. О. Д. Штогрин, К. С. Гавриленко. - К.: Наук. думка, 1968. - 315 с.
12. Національна доповідь "Про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 р". - 2013. - 450 с. - Режим доступу <http://minregion.gov.ua>
13. Горбань Н. Убивча вода. *Кожна восьма криниця Львівщини забруднена нітратами* // Львівська газета Ратуша. - 2011. - Режим доступу <http://ratusha.lviv.ua/index.php?dn=news&to=art&id=1275>
14. Пікуль К.В. Стан здоров'я школярів, які мешкають в умовах нітратного навантаження організму. // Педіатрія, акушерство та гінекологія. - 2004. - №2. - С. 39-43.
15. Адаменко О.М., Крижанівський Є.І., Нейко Є.М., Русинов Г. Г., Журавель О. М., Міщенко Л. В., Кольцова Н. І. Екологія міста Івано-Франківська. - Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. - 200 с.