

Володимир КОЛОДІЙ, Роман ПАНЬКІВ, Оприса МАЙКУТ

ДО ГІДРОГЕОЛОГІЇ І ГІДРОГЕОХЕМІЇ ЛЬВОВА Й ОКОЛИЦЬ

Підземні води зони активного водообміну в межах м. Львова й околиць охоплюють алювіально-болотні, алювіяльні і флювіогляціяльні четвертинні, косівські, тираські і опільські баденські відклади міоцену та маастрихтські тріщинуваті мергелі верхньої крейди. У двох останніх розповсюджені як ненапірні, так і напірні води. За хемічним складом води належать переважно до гідрокарбонатних, сульфатно-гідрокарбонатних кальцієвих, гідрокарбонатних кальцієво-натрієвих. У межах міста підземні води зазнали відчутного техногенного впливу, що проявилось у забрудненні нафтопродуктами, фенолами, важкими металами та іншими токсичними компонентами, а це унеможливує питне використання їх. Техногенні зміни торкнулися не тільки підземних вод центральної частини міста, а й вод джерел на околицях, що їх, незважаючи на невідповідність нормативним документам, використовує частина населення для пиття.

В околицях Львова розповсюджені водоносні горизонти у верхньокрейдових, баденських і четвертинних відкладах. Верхньокрейдові відклади маастрихтського ярусу складені мергелями із прошарками алевролітів загальною товщиною до 100 м. Їхня водоносність є спорадична, пов'язана з тріщинуватими зонами в щільних мергелях та елювіяльними утвореннями — продуктами вивітрювання мергелів у верхній частині горизонту. Останні літологічно представлені карбонатними суглинками та глинами з уламками мергелю. Крейдові відклади залягають на глибинах 6—15 м, а на схилах ерозійних піднять, що першем охоплюють долину річки Полтви, глибина їх залягання зменшується до 1,5—3,0 м.

На маастрихтських відкладах залягають утворення баденію потужністю до 120 м, представлені нижньобаденським (опільський горизонт) і верхньобаденським (тираський і косівський горизонти) водоносними комплексами. У складі опільського горизонту залягають багрянкові вапняки баранівських шарів, кварцово-глауконітові піски й пісковики миколаївських шарів, органогенно-уламкові літотамнієві вапняки нараївських та ервілієві вапняки і вапняковисті піски кривчицьких шарів. Розріз тираського горизонту розпочинається сульфатолітами, на яких залягають хемогенні, інколи доломітизовані ратинські вапняки та вапняки й піски кайзервальдських шарів, що вінчають розріз завтовшки до 60 м. Дністровський горизонт розпочинається кварцовими і глауконітово-кварцовими пісками з прошарками глини і пісковиків, вище яких залягає здебільшого товща косівських

глин. Вінчається розріз міоцену шарами, складеними багрянковими, часто глинистими вапняками із жовнами.

В межах центральної частини міста на відкладах маастрихтського ярусу залягають безпосередньо літологічно різноманітні четвертинні відклади. Серед них незначне місце займають делювальні відклади на схилах підняття, а найбільше розповсюджені алювіяльні відклади, серед яких руслові, заплавні й болотні. До перших належать середньо- і дрібнозернисті піски, часом з лінзами і проверстками ріни, до других — суглинки й супіски з проверстками і лінзами пісків, з домішками рослинних решток. Найпоширенішими є алювіяльно-болотні відклади на днищах долин р. Полтви і її приток, складені супісками, суглинками, глинами, рідше пісками. Ці відклади відзначаються збагаченістю органічною речовиною. Частина з них утворилася в озерних і болотних улоговинах. Усі типи природних четвертинних відкладів у межах міста перекриті техногенними ґрунтами (культурний шар) — суглинками, щебенем, жорствою, супісками, глинами з високим вмістом органіки та ін. понад 3 м.

На території м. Львова перший від поверхні горизонт ґрунтових вод залягає у четвертинних відкладах на водотривкому елювії маастрихтських мергелів, локалізуючись у заплаві р. Полтви. Водоносним є строкатий за складом комплекс алювіяльних, рідше делювіяльних утворень на глибинах, переважно від 3 до 6, рідко до 9 м. Альтитуди дзеркала води зменшуються у напрямі до р. Полтви і, залежно від техногенних чинників, варіюють з амплітудою 1,5—2,5 м. Товщина водоносного горизонту змінюється від 0,5 до 8,0, переважно становить 2—5 м, а на схилах долини ці відклади практично безводні.

Живлення ґрунтового потоку здійснюється переважно через природну інфільтрацію атмосферних опадів або перетоків води з маастрихтського напірного горизонту. Часткове живлення четвертинного водоносного горизонту відбувається за рахунок витікань води з пошкоджених інженерних мереж, викликаючи формування техногенного водонасичення і підтоплення споруд.

Через літологічну строкатість водоносних шарів їхні коефіцієнти фільтрації змінюються на три-чотири порядки.

Водоносні горизонти в баденському ярусі пов'язані з вапняками, пісками й пісковиками. Вони дренуються природними джерелами на периферії Львівської улоговини, приуроченими до контакту баденських і маастрихтських відкладів. Нами досліджені 26 джерел у різних частинах міста й околиць, зокрема в південній частині — джерело у Стрийському парку, 5 джерел у парку „Залізни води“, джерело в парку „Снопківський“ біля озера Морське око. У східній частині міста виявлено 9 джерел: два в парку Погулянка, два в лісопарку в районі Медової печери, два в районі Винниківського озера та три в парку Знесіння. У північній частині міста обстежено сім джерел: одне на Підзамчі, чотири на Клепарові, два на Голоску. Три джерела досліджено в районі смт. Брюховичі. Усі джерела пов'язані з виклинюванням баденських водоносних шарів (рис. 1).

Загалом напірний, але подекуди безнапірний водоносний горизонт у маастрихтських відкладах поширений повсюдно в центральній частині м. Львова на глибинах до 12 м. Положення статичного рівня вод горизонту коливається залежно від рельєфу денної поверхні від 2,8 на дні улоговини до 11,6—20 м на її схилах. Величини напорів води змінюються від нуля до 9,5—10,3 м, у середньому від 2 до 4 м живлення водоносного горизонту здійснюється здебільшого інфільтрацією

атмосферних опадів. Напір вод зумовлений наявністю у покрівлі горизонту водотривкого шару й перевищенням області живлення і створення напорів над областю транзиту і розвантаження. Попри значну товщину водотриву між водоносними горизонтами в четвертинних і крейдових відкладах є гідравлічний зв'язок, тому що в багатьох місцях Львівської улоговини існують гідравлічні вікна, які з'єднують мергелі маастрихту з пісками антропогену.

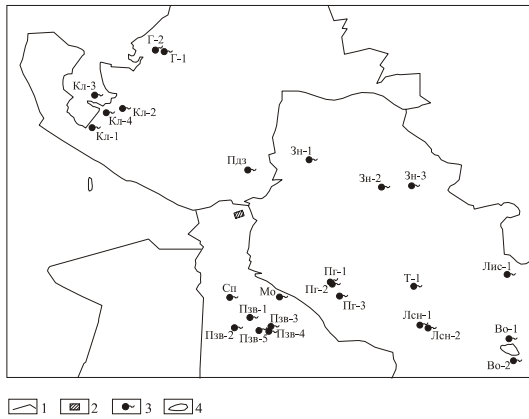


Рис. 1. Природні джерела м. Львова та околиць.

- 1 — межі адміністративних районів;
 2 — міська ратуша; 3 — джерела; 4 — озера.
 Джерела: Кл — Клепарів; Г — Голоско;
 Пдз — Підзамче; Зн — Знесіння; Пг — Погулянка;
 Т — вул. Таджицька; Лсн — Лисиничі;
 Лис — Лисиничі, біля Чотової скелі;
 Сп — Стрийський парк; Мо — Морське око, парк „Снопківський“; Пзв — парк „Залізни води“;
 Во — Винницьке озеро.

Беручи до уваги будову, фільтраційні властивості і товщину зони аерації, можна стверджувати, що водоносний горизонт у четвертинних, баденських, а подекуди маастрихтських відкладах є гідрогеологічно незахищений. Зона аерації завтовшки від 2 до 6 м складена пухкими, антропогенно забрудненими протягом століть переважно водопроникними насипними утвореннями, які не створюють перешкод для проникнення у надра забруднених опадів і стоків з урбанізованої території.

Гідрогеологічний режим водоносних горизонтів у межах м. Львова й околиць неабияк техногенно порушений. За даними трирічних спостережень, що їх проводять спеціалісти [1], виявлені доволі значні сезонні зміни глибини рівнів ґрунтових вод, які коливаються від декількох до

115 см, а в маастрихтському горизонті — до 132 см. Локальні підвищення рівнів води пов'язані з її витіканням з каналізаційних і водогінних мереж, а їхні локальні пониження — з роботою дренажних систем чи дренаванням негерметичними каналізаційними колекторами.

Широке розповсюдження маастрихтського високонапірного горизонту в разі його техногенного розкриття (скажімо, котлованом) може викликати значні припливи води, викликати підтоплення. Водночас при створенні в маастрихтському горизонті техногенних депресійних лійок знижуватимуться рівні вод четвертинного водоносного горизонту.

Гідравлічний зв'язок різновікових водоносних горизонтів підтверджується також гідрогеохемічними даними.

Хемічний склад і мінералізація вод четвертинного горизонту, розкритих у центральній частині міста, постійно змінюються під впливом антропогенного фактора, що особливо помітно при зіставленні даних ретроспективних аналізів 1970—1975 та 2000—2003 років [1]. Перші відповідали формулі хемічного складу

$$M_{1,05} \frac{\text{HCO}_3 65 [\text{SO}_4 20 \text{Cl} 15]}{\text{Ca} 50 \text{Na} 30 [\text{Mg} 20]}$$

тобто вже на той час належали до слабкосолонуватих вод гідрокарбонатного натрієво-кальцієвого складу, а через 25—30 років їхня мінералізація зростає вдвоє та значно збільшилася частка хлоридів натрію за приблизно постійних відсотків решти йонів:

$$M_{2,25} \frac{\text{HCO}_3 52 \text{Cl} 29 [\text{SO}_4 19]}{\text{Na} 46 \text{Ca} 38 [\text{Mg} 16]}$$

Води з гідрокарбонатно натрієво-кальцієвих перетворилися на хлоридно-гідрокарбонатні кальцієво-натрієві, трохи наближені за складом до вод верхньої крейди.

Такі різкі зміни у складі й мінералізації вод четвертинного горизонту є локальні. У водах інших спостережних свердловин, що розкрили цей горизонт, переважають Ca^{2+} та HCO_3^- . Вони належать до гідрокарбонатних кальцієвих, натрієво-кальцієвих або сульфатно-гідрокарбонатних кальцієвих з мінералізацією 0,94—1,18 г/дм³. Усі води четвертинного горизонту характеризуються відношенням $r(\text{Na}—\text{Cl})/r\text{SO}_4 < 1$. Вміст агресивного CO_2 в них не перевищує 39,6, NH_4 — 1,5 мг/дм³.

Води джерел з баденських відкладів південної частини міста мають підвищену мінералізацію — 0,812 (0,745—0,897) г/дм³ і нейтральну реакцію: рН від 6,9 до 7,1. Хемічний склад вод гідрокарбонатний кальцієвий. Аніони утворюють ряд $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$, катіони — $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$, що властиве більшості джерел зони гіпергенези взагалі. Вміст SO_4 становить 21 % екв (15—23), Cl коливається у ширшому діапазоні — від 6 до 22 % екв. Відношення $\text{HCO}_3 : \text{SO}_4$ становить 3,0, $\text{Ca} : \text{Mg}$ — 4,5. Середній хемічний склад вод можна представити формулою:

$$M_{0,812} \frac{\text{HCO}_3 64 [\text{SO}_4 21 \text{Cl} 15] \text{pH} 7,1}{\text{Ca} 77 [\text{Mg} 17 \text{Na} 6]}$$

Води цих джерел не відповідають стандартам для питних вод, адже їхня загальна твердість перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК), вміст силіцію у трьох джерелах близький, а в чотирьох вищий за ГДК. У п'ятьох джерелах вміст амонію (0,53—1,1 мг/дм³) перевищує норму Всесвітньої організації здоров'я (ВОЗ), вміст $C_{\text{орг}}$ (обчислений за ХСК) коливається у межах 3,05—8,44 мг/дм³, що вище за ГДК [2].

Води джерел Погулянки, районів Медової печери і Винниківського озера дуже близькі за іонно-сольовим складом. Їхня мінералізація трохи менша, ніж у південній частині і становить 0,703 (0,589—0,801) г/дм³. Серед аніонів домінує HCO_3 — 73 % екв (63—91), вміст якого поступово зростає у південному напрямі водночас із зменшенням вмісту SO_4 від 25 до 7 % екв, у середньому 17. Відношення HCO_3/SO_4 зростає до 4,3. Вміст Cl становить 7 % екв (2—11), що у два рази менше, ніж у водах південної частини міста.

Води джерел східної частини Львова мають такий склад:

$$M_{0,703} \frac{\text{HCO}_3 73 [\text{SO}_4 17 \text{Cl} 7] \text{pH} 7,1}{\text{Ca} 78 [\text{Mg} 12 \text{Na} 8]}$$

Вода з джерела Погулянка-1 відрізняється подвійним переважанням Na над Mg, тоді як у водах інших джерел переважає вміст Mg.

Води джерел на Знесінні відрізняються від решти вод підвищеними мінералізацією та вмістами Na і Cl. Вони мають такий склад:

$$M_{0,967} \frac{\text{HCO}_3 56[\text{SO}_4 17\text{Cl}15]\text{pH}7,1}{\text{Ca}73[\text{Mg}15\text{Na}11]}.$$

Вода більшості джерел східної околиці міста не відповідає нормам для питних вод за твердістю (від 7 до 9,5, у середньому 8,39 мгекв/дм³), вмістом силіцію, NO₃ (джерела на Знесінні). Якщо не враховувати підвищеного вмісту силіцію, то єдиною придатною для постійного вживання водою є вода джерела Винниківське озеро-2.

У джерелах північної частини міста знайдено води трьох типів: гідрокарбонатні кальцієві у джерелах Підзамче-1, Клепарів-1, Голоско 1 і 2; хлоридно-гідрокарбонатні кальцієві у джерелах Клепарів 2 і 3 та гідрокарбонатно-хлоридні кальцієві джерела Клепарів-4.

Вода із джерела на Підзамчі має такий склад:

$$M_{0,864} \frac{\text{HCO}_3 55[\text{SO}_4 24\text{Cl}14]\text{pH}7}{\text{Ca}78[\text{Na}13\text{Mg}9]}.$$

Вона відрізняється від води більшості джерел переважанням натрію над магнієм, твердістю, що в 1,4 раза перевищує ГДК, і вмістом NO₃, у півтора раза більшим за гранично допустимий. Така вода непридатна для систематичного пиття, проте багато жителів цього району використовує її.

Вода джерела Клепарів-1 схожа на воду з Підзамча.

Хлоридно-гідрокарбонатні води з джерел на Клепарові мають такий середній склад:

$$M_{0,724} \frac{\text{HCO}_3 53\text{Cl}26[\text{SO}_4 20]\text{pH}7,1}{\text{Ca}84[\text{Na}8\text{Mg}7]}.$$

Ще незвичнішою за складом є гідрокарбонатно-хлоридна вода джерела Клепарів-4:

$$M_{1,141} \frac{\text{Cl}40\text{HCO}_3 36[\text{SO}_4 23]\text{pH}6,2}{\text{Ca}76[\text{Na}18\text{Mg}7]}.$$

Води клепарівських джерел непридатні для постійного вживання за такими показниками: 1) загальною твердістю, що перевищує ГДК в 1,3 — 2 рази; 2) вмістом силіцію, вищим за ГДК в 1,1 — 1,3 рази; 3) вмістом C_{орг}, більшим за ГДК у 1,6 — 2,7 рази. Вміст розчиненого у воді джерела Клепарів-2 кисню у вісім разів нижчий за норму.

Джерельні води сусіднього Голоска мають помірковану мінералізацію — 0,536 (0,389 — 0,684) мг/дм³, і звичний склад

$$M_{0,536} \frac{\text{HCO}_3 74[\text{SO}_4 15\text{Cl}5]\text{pH}7,15}{\text{Ca}77[\text{Mg}12\text{Na}11]},$$

властивий джерельним водам південної частини Львова. Незважаючи на майже ідентичний їх макросклад, до постійного вживання придатна лише вода джерела Голоско-2.

На північному заході м. Львова вода джерела Брюховичі-1 має найменшу мінералізацію і своєрідний катіонний склад:

$$M_{0,305} \frac{\text{HCO}_3 76[\text{SO}_4 17\text{Cl}17]\text{pH}6,6}{\text{Ca}63\text{Na}27[\text{Mg}10]}.$$

Вона містить найбільшу з-поміж усіх джерел кількість фтору і амонію. Вмісти силіцію у півтора раза, а $S_{\text{орг}}$ — втричі перевищують ГДК.

Води джерел Брюховичі-2 і Гамулець-1 дуже близькі за мінералізацією та хемічним складом, що відповідає формулі:

$$M_{0,531} \frac{\text{HCO}_3 89[\text{SO}_4 8\text{Cl}12]\text{pH}7,25}{\text{Ca}78[\text{Mg}17\text{Na}5]}.$$

Води чітко відрізняються від усіх інших (крім води джерела Винниківське озеро-2) найбільшим вмістом HCO_3 і найменшими SO_4 і Cl . За нормативними вмістами компонентів, за винятком силіцію, ці води є одними з найкращих для вживання як питних.

Таблиця

Середній вміст компонентів, нормованих ДСПіН (1996) у водах природних джерел м. Львова (мг/дм³)

Дільниця міста	NH ₄	NO ₃	Загальна твердість	Si	Sr	Fe _{св}	F	O _{перм}	XСК	O ₂
Південна ^{*)}	0,53	12,2	9,8	11,2	0,72	0,02	0,28	1,24	3,9	5,3
Східна	0,01—0,02	18,9—93,2	8,3—11,7	9,4—11,1	1,5—1,53	1,5—0,0	0,22—0,17	1,1—1,53	7,8—9,5	6,6—4,4
Північна	Нема	10,5—69,0	6,3—10,3	7,3—11,2	1,12—1,4	сліди	0,20—0,27	0,6—1,36	7,1—7,6	5,3—7,7
Північнозах. ^{**)}	0—1,6	0,7—5,7	4,9—6,4	11,0—15,5	1,45—3,4	0—сліди	0,28—0,58	0,55—0,7	2,52—24,4	1,6—9,6

Отже, більшості джерельних вод м. Львова властива ціла низка загальних ознак: підвищені мінералізація, твердість, вмісти силіцію, стронцію, нітратів і органічних речовин. Наявна постійна домішка фтору, проте майже відсутні бром і йод (таблиця). Перші п'ять ознак негативно характеризують якість води, здебільшого вони зумовлені антропогенним впливом міста. Найкращі питні води — у джерелах на дальших околицях.

Підземні води маастрихтського водоносного горизонту належать до прісних або слабкосолонуватих гідрокарбонатно-сульфатних натрієво-кальцієвих:

$$M_{0,89} \frac{\text{SO}_4 43\text{HCO}_3 36[\text{Cl}21]}{\text{Ca}43\text{Na}36[\text{Mg}21]}.$$

Під впливом антропогенези останнім часом вони збагатилися хлористим натрієм і перетворилися на хлоридно-гідрокарбонатні натрієво-кальцієві

^{*)} визначено вміст броду до 0,27 мг/дм³;

^{**)} визначено вміст йоду 0,02 мг/дм³ у джерелі смт. Брюховичі (вул. Львівська, 1).

$$M_{1,3} \frac{HCO_3 5 Cl 3 [SO_4 18]}{Ca 48 Na 40 [Mg 12]}.$$

Практична гідрогеологічна незахищеність і великий техногенний тиск на водоносні горизонти в межах Львівської улоговини (центральна частина міста) призвели до значного їх забруднення нафтопродуктами, фенолами, амонійним азотом, цинком, стронцієм, манганом та ін. Перевищення вмісту окремих компонентів над гранично допустимими коливається від 2 до 100 ГДК і змінюється у просторі й часі. Вміст окремих компонентів часто змінюється хаотично, що свідчить про їхні випадковість і неприродні причини виникнення [1].

ЛІТЕРАТУРА

1. Волошин П. К. Моніторинг підземних вод центральної частини м. Львова // Ресурси природних вод Карпатського регіону: Матеріали міжнародної наук.-практ. конференції. — Львів, 15—16 черв. — Зб. наук. статей. — Львів: ЛьвЦНТЕІ. — 2004. — С. 126—133.
2. Державні санітарні правила і норми „Вода питна“. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. — Наказ № 383 від 23.12.1996. — Міністерство охорони здоров'я. — 8 с.

SUMMARY

Volodymyr KOLODIY, Roman PAN'KIV, Orysia MAYKUT

TO HYDROGEOLOGY AND HYDROGEOCHEMISTRY OF THE CITY OF L'VIV AND OUTSKIRTS

The underground waters of the free water exchange zone in the boundary of Lviv and outskirts are enveloped quaternary, miocene and upper cretaceous deposits. After the chemical composition these waters mainly belong to hydrocarbonate, sulphate-hydrocarbonate calcium, hydrocarbonate calcium-sodium type. In the boundary of city these waters sustained the pollution of oil produce, phenols, heavy metals and other toxic components. All of it made the using this waters as drinking water impossible.