

МОНІТОРИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД УРБОСИСТЕМИ ЛЬВОВА

Розглянуто особливості створення спеціального моніторингового полігону для спостереження за екологічним станом підземних вод в історичній частині м. Львова. Охарактеризовано просторово-часові закономірності зміни глибини залягання вод, їх хімічного складу і якості. Виявлено основні джерела порушення природного гідрохімічного і гідродинамічного режимів.

Актуальність проблеми. Підземні води є однією з найбільш динамічних складових природного середовища, яка в умовах надмірного антропогенного навантаження виступає індикатором екологічного стану ландшафту.

Під впливом потужного техногенного пресу, який має місце на урбанізованих територіях, останні зазнають істотної трансформації. Залежно від гідрогеологічних умов, характеру та інтенсивності зовнішнього впливу в містах або окремих їх районах відбувається масштабне зниження рівнів вод та утворення величезних депресійних лійок, у інших – навпаки, формування техногенних водоносних горизонтів і підтоплення значних територій. Окрім істотних деформацій дзеркала підземних вод, радикально змінюється їх хімічний склад та властивості. Порушення гідродинамічного та гідрохімічного режиму вод, крім того, супроводжується активізацією природних та розвитком антропогенних несприятливих чи небезпечних морфодинамічних процесів, зміною складу, стану і властивостей порід, продуктивності ґрунтів тощо. Закономірним наслідком цих змін є ускладнення медико-біологічної ситуації, погіршення екологічного стану міського середовища, зростання ризику виникнення природно-техногенних аварій і катастроф.

Усе це спричиняє необхідність в одержанні регулярної й об'єктивної інформації про зміни, що відбуваються в підземній гідросфері, виявленні причин цих змін, прогнозуванні екологічного стану вод та обґрунтуванні

шляхів його оптимізації, тобто створенні системи гідроекологічного моніторингу.

Особливо гостро проблема формування моніторингу підземних вод стоїть у містах із напруженою еколого-географічною ситуацією, яка так чи інакше пов'язана з антропогенними порушеннями гідрохімічного та гідродинамічного режиму підземних вод. До таких міст належить і Львів, особливо його центральна частина з історичною забудовою.

Необхідність моніторингових досліджень підземних вод центру Львова зумовлена:

- високим рівнем антропогенного метаморфізму вод і тенденцією його зростання в часі ;
- повною втратою підземними водами однієї з найважливіших функцій – ресурсу питного водопостачання;
- визначальним впливом антропогенних порушень гідрохімічного і гідродинамічного режиму вод на фізико-механічні та корозійні властивості порід, активізацію руйнування підвалин інженерних споруд, розвитком сучасних морфодинамічних процесів, ускладненням медико-біологічної та санітарно-гігієнічної ситуації;
- змінами рівня сейсмічної небезпеки антропогенно-трансформованого геологічного середовища;
- загрозою розширення ареалу забруднення і вторинним забрудненням вод придатних для господарсько-питного водопостачання ;
- необхідністю обґрунтування та розробки організаційних, технічних і технологічних заходів, спрямованих на поліпшення екологічного стану вод та мінімізацію їхнього негативного впливу на стан міського середовища.

Мета, завдання та інформаційна база гідроекологічного моніторингу. Метою моніторингу підземних вод центральної частини Львова є інформаційне забезпечення органів місцевого самоврядування та управління даними про екологічний стан вод і його просторово-часову динаміку, які необхідні для обґрунтування заходів, спрямованих на попередження і нейтралізацію їх негативного впливу на міське середовище.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- аналіз гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов території і їх типізація;
- оцінка ступеню природної захищеності водоносних горизонтів;

- виявлення основних джерел антропогенного впливу на підземні води;
- обґрунтування мережі моніторингових свердловин;
- обґрунтування періодичності спостережень та набору контрольованих показників;
- встановлення просторово-часових закономірностей зміни глибини залягання рівнів, складу та властивостей вод;
- виявлення характеру впливу природних та антропогенних чинників на зміни екологічного стану вод;
- формування комп'ютерної бази даних та створення постійно діючих електронних моделей еколого-гідрогеологічної ситуації;
- регулярна передача оперативної інформації про екологічний стан підземних вод управлінським структурам міста;
- розробка рекомендацій, спрямованих на покращення еколого-гідрогеологічної ситуації в районі.

Фактографічною базою досліджень служили результати моніторингових спостережень, які організовані і ведуться в рамках Комплексної програми збереження історичної забудови м. Львова, дані спеціальних геоекологічних досліджень центральної частини міста, фондові матеріали інженерно-геологічних і гідрогеологічних робіт ВАТ Геотехнічний інститут, інформація Львівської геологорозвідувальної експедиції про стан режимних спостережень за підземними водами регіону, а також літературні дані.

Стан досліджень проблеми. Питанням зміни гідродинамічного та гідрохімічного режиму підземних вод під впливом процесів урбанізації присвячено значну кількість публікацій [3, 10, 13, 14, 18, 25, 26 та ін.]. У них розглядається широке коло проблем, що стосуються особливостей антропогенного метаморфізму підземних вод у містах. Теоретичні та методичні засади організації та ведення моніторингу підземних вод урбосистем висвітлені у роботах Є.С. Дзекцера [5, 6], Ю.О. Зеєгофера [7, 8], В.А. Корольова [12], Ф.И. Тютюнової [24] та ін. [9, 15, 16, 17, 19, 22].

Проблеми формування хімічного складу вод, зміни їх рівневого режиму, розвитку процесів техногенного підтоплення урбосистем висвітлені у численних публікаціях українських і зарубіжних учених [1, 2, 11, 21, 23 та ін.].

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що ступінь вивчення різних аспектів досліджуваної проблеми неоднаковий.

Найбільше дослідники зосереджують увагу на моніторингу процесів підтоплення урбанізованих територій. Особливо це стосується міст східних регіонів України. Натомість більшість урбосистем західного регіону, у т. ч. і Львів, вивчені недостатньо. Значно менше уваги приділяється проблемі техногенного зниження рівнів підземних вод у містах. Далеко не завжди вивчається їх хімічний склад. У окремих випадках досліджується органічне, мікроелементне і теплове забруднення. Потребує вдосконалення методика моніторингових досліджень, особливо стосовно використання ГІС-технологій. Неоднаково охоплені спостереженнями різні функціональні зони міст. Найменш дослідженими залишаються ділянки історичної забудови, у межах яких антропогенний тиск на підземні води є найбільш тривалим, а їх зміни завдають значних економічних та екологічних збитків.

Екологічний стан підземних вод центральної частини Львова вивчений недостатньо. Моніторингові дослідження його змін, не зважаючи на чисельні деформації пам'яток архітектури, які часто пов'язані зі зміною їх режиму, практично не проводилися.

Проте постійне зростання антропогенного впливу на стан підземних вод, що спостерігається у цьому районі міста, конче потребує проведення таких досліджень. Вкрай важливими і недостатньо вивченими є проблеми довготривалої взаємодії господарської діяльності і підземних вод.

У зв'язку із суттєвим загостренням еколого-географічної ситуації у центральній частині Львова, занесеній до списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО, у 2001 році було створено спеціальний моніторинговий полігон для спостереження за екологічним станом підземних вод.

Наукові та методичні засади моніторингових досліджень. Сформована система моніторингу підземних вод включає такі основні складові: блок контролю (збір інформації), блок обробки інформації (збирання, збереження, систематизація, аналіз, синтез, прогноз, які здійснюються автоматизованою інформаційною системою постійно діючих комп'ютерних моделей підземних вод (АІС ПДКМ ПВ), блок управління (розробка сценаріїв управління станом підземних вод).

Інформаційну базу моніторингу складає спеціальна мережа пунктів спостереження. Вона включає 16 точок комплексного дослідження. У кожній точці влаштовано по 2 свердловини. Одна із яких закладена в четвертинний, друга – у верхньокрейдовий водоносний горизонт. Біля свердловин обладнано точки стаціонарних радіоізотопних досліджень.

Моніторингові свердловини розміщені у вигляді трьох поперечників, орієнтованих перпендикулярно до долини р. Полтви. Обґрунтування числа пунктів спостереження і їх просторового розташування здійснювалося з урахуванням широкого спектру режимоформуючих чинників локального рівня таких, як: рельєф, геологічна будова, гідрогеологічні умови, характер і ступінь техногенного навантаження.

У геоморфологічному відношенні спостережними свердловинами охоплено два елементи рельєфу: схили Полтвинської улоговини і її дно, представлене заплавною терасою.

З геологічних позицій пункти спостереження розташовувалися на ділянках із різними типами розрізу, зокрема з близьким від поверхні заляганням мергелів верхньої крейди, з потужною товщею пісків, з великою потужністю ґрунтів культурного шару та заторфованих глинистих порід.

У гідрогеологічному відношенні вибір місць розташування свердловин був зорієнтований на охоплення ділянок схилового і долинного режиму підземних вод і врахування напрямку їх потоку. Зокрема, були охоплені периферійні ділянки поширення ґрунтових вод з глибиною залягання рівня до 3 м, а також райони, що прилягають до русла р. Полтви, де відбувається їх розвантаження, та ділянки з потужною (понад 5 м) зоною аерації.

З позиції антропогенного навантаження пункти моніторингу по можливості розташовувалися в місцях із максимальним (поблизу вулиць з інтенсивним рухом автотранспорту, з високим ступенем насичення водоносними мережами, щільною забудовою) та мінімальним (парки, сквери) ступенем антропогенного тиску. Не останню роль при обґрунтуванні схеми моніторингової мережі в умовах щільної забудови відігравали й технічні можливості влаштування спостережних свердловин та можливості їх збереження в майбутньому.

Свердловини радіоізотопних досліджень розташовувалися з таким розрахунком, щоб охопити ділянки з різною потужністю зони аерації та ступенем антропогенного покриття поверхні.

Польові режимні спостереження включали вимірювання глибин залягання вод, їхньої температури, вологості і щільності ґрунтів зони аерації та відбір проб на лабораторні дослідження. Перед відбором проб здійснювалася короткочасна відкачка води зі свердловин. Вимірювання глибини залягання вод проводиться один раз на місяць, вивчення

хімічного складу вод та вологості ґрунтів зони аерації – один раз на квартал.

У відібраних пробах води визначався вміст основних іонів (макроелементів), мікроелементів, нафтопродуктів, фенолів, кислотнo-лужної рівноваги, загальної мінералізації, загальної і карбонатної жорсткості, агресивності до матеріалу будівельних конструкцій та оболонки кабелів.

Кількісний склад компонентів першої групи визначався за [20], другої – напівкількісним спектральним аналізом. Вміст нафтопродуктів визначався методом інфрачервоної спектроскопії на спектрофотометрії ИКС-29 із попередньою екстракцією їх із води органічним розчинником [20], фенолів – на спектрофотометрії СФ-46 за методикою [20].

Результати досліджень та їх аналіз. Історична частина міста розташована в межах Львівської улоговини, яка представляє собою глибоко врізану долину р. Полтви та її приток. Загальна площа досліджуваної ділянки становить 2 км².

Гідрогеологічні умови ділянки. У гідрогеологічній будові бере участь два водоносних горизонти: четвертинних і верхньокрейдових відкладів.

Четвертинний водоносний горизонт поширений локально. Він простежується лише в межах днища улоговини (заплави р. Полтви). На її схилах води повністю здреновані. Води горизонту сформувалися на глинистому елювії мергелів. Вони безнапірні, в основному залягають на глибинах 3–5 м. Водовміщуючими породами є строкатий за літологічним складом комплекс алювіальних відкладів руслової, заплавної і старичної фацій (піски, супіски, суглинки, глини, торфи, заторфовані ґрунти, мул тощо) потужністю від 1-3 до 10-12 м. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, незначного за обсягом бокового підтоку вод із суміжних ділянок і перетоку з крейдового горизонту. Значну роль у формуванні прихідної складової балансу відіграють витoki з інженерних мереж.

Верхньокрейдовий водоносний горизонт поширений на всій території. Він приурочений до тріщинуватих мергелів верхньої крейди. Від четвертинних вод відділений товщею мергелистих глин потужністю від 0,7 до 12,0 м. Глибина його залягання змінюється від 3-6 до 20 м. Горизонт характеризується напором, величина якого коливається залежно від положення в рельєфі від 0 до 10,3 м, у середньому складаючи 2-4 м.

Живлення його змішане: атмосферне та за рахунок часткового перетоку вод четвертинного водоносного горизонту.

Грунтові води практично не захищені від антропогенного забруднення. Зона аерації, потужність якої не перевищує, як правило, 4-6 м повністю складена вкрай неоднорідною, сильно забрудненою, часто добре водопроникною товщею ґрунтів культурного шару.

Не мають надійного захисту й артезіанські води, які використовуються у Львові для питного водопостачання. На ділянках з досить великою (5-10 м) потужністю мергелистих глин вони слабозахищені. На схилах улоговини, де четвертинний покрив відсутній, цей горизонт є першим від поверхні і зовсім незахищеним від забруднення.

Антропогенне навантаження на підземні води. Характерною особливістю антропогенного навантаження у цій частині міста є докорінна зміна всього природного комплексу: рельєфу, гідрографічної мережі, ґрунтово-рослинного покриву, мікроклімату, а також високий рівень техногенного покриття поверхні. Сумарна площа ділянок під будівлями, вуличним покриттям, замощеними дворами, спортивними майданчиками тощо досягає 81,5 %, а відкриті простори (парки, сквери, бульвари) становлять 18,5 %. Найвищий ступінь антропогенного покриття земної поверхні спостерігається у межах історичного ядра міста, тут він досягає 90 %. На цій території поверхневий стік дощових і талих вод майже повністю поглинається каналізацією.

Мінімальний антропогенний покрив фіксується в парку ім. Івана Франка, на схилах гори Цитадель, бульварі на пр. Свободи, сквері на губернаторських валах (вул. Підвальна). Інфільтрація атмосферних опадів тут значно вища.

Важливим компонентом антропогенного навантаження є водоносні мережі. Сумарна довжина лише магістральних каналізаційних колекторів досягає тут 20,5 км, а водогонів 57 км. Русло р. Полтва та її допливів (р. Біла, потік Ортиш), які були природними дренами повністю каналізовані.

Висока корозійна активність ґрунтів та надмірна зношеність водоносних мереж сприяють їх значній аварійності. За період із 1994 по 2001 рр. на них виникло 794 аварії. Численні пошкодження мереж призводять до великих за обсягом втрат води. Щодобово у ґрунтову товщу витікає до 1,2 тис. м³ води на км², що складає понад 50 % річної кількості опадів.

Своєрідним чинником антропогенного навантаження також виступають забруднені ґрунти культурного шару, які суцільно покривають досліджувану територію. Їх потужність становить від 3-6 до 9 м, і вони майже повністю формують зону аерації.

Гідрохімічний, гідродинамічний і температурний режим вод. Аналіз отриманих даних показав, що води четвертинного і верхньокрейдового водоносних горизонтів зазнають суттєвого антропогенного метаморфізму. Він виявляється в істотній зміні як хімічного складу вод, так і їхнього динамічного режиму. Прослідковується добре виражена загальна тенденція збільшення у часі вмісту багатьох компонентів і загальної мінералізації води (табл.).

Таблиця

Зміни у часі хімічного складу підземних вод на території центральної частини Львова

Компоненти хімічного складу	Значення вмісту компонентів, мг/дм ³			
	Четвертинний горизонт		Крейдовий горизонт	
	1970-1975 pp.	2000-2003 pp.	1970-1975 pp.	2000-2003 pp.
Натрій і калій	135,0	341,7	104,9	200,5
Кальцій	183,8	228,3	116,2	215,8
Магній	38,7	57,7	29,0	27,5
Хлориди	79,9	270,5	100,7	234,1
Сульфати	153,0	264,4	260,7	173,9
Гідрокарбонати	762,5	1089,0	274,5	704,0
Загальна мінералізація	1047,0	2252,8	890,0	1303,0

У четвертинному водоносному горизонті спостерігається істотне зростання кількості натрію і калію, хлоридів та сульфатів. Внаслідок цього хімічний склад вод змінився з гідрокарбонатно-кальцієво-натрієвого на гідрокарбонатно-хлоридний натрієво-кальцієвий. У крейдовому натомість, крім вказаних компонентів, збільшується вміст іонів кальцію і гідрокарбонатів, а сульфатів дещо зменшується.

Характерною ознакою сучасного стану вод є наявність широкого спектру мікроелементів. У багатьох свердловинах відзначається високий вміст цинку (до 100 ГДК), марганцю (до 69 ГДК), стронцію (13 ГДК), заліза (10 ГДК), титану (2 ГДК). Майже повсюди води забруднені амонійним азотом (> 90 ГДК), нафтопродуктами (до 30 ГДК) і фенолами (до 50 ГДК) [3].

Комп'ютерні картографічні моделі, що відображають концентрацію окремих компонентів, указують на значну строкатість їх просторово-часового розподілу. На фоні загального високого вмісту хімічних інгредієнтів спостерігаються різкі їх коливання у просторі і часі, зумовлені різним характером та інтенсивністю антропогенного тиску на підземні води, особливостями будови зони аерації і насичення, а також впливом кліматичних чинників. Наприклад, у свердловині, розташованій на ділянці з досить низьким рівнем антропогенного впливу (біля підніжжя гори Цитадель), нафтопродукти відсутні, натомість у свердловині, розміщеній поблизу однієї з найбільш завантажених транспортом магістралі (пр. Свободи) і поруч з Полтвинським каналізаційним колектором їх кількість досягає $2,4 \text{ мг/дм}^3$ (27 ГДК), а вміст іонів хлору становить відповідно 24 і 276 мг/дм^3 .

Просторовий аналіз змін загальної мінералізації, яка відображає сумарний вміст розчинених у воді солей показав, що максимальні її значення в районі пр. Свободи.

До причин, що сприяють виникненню такої ситуації відносимо, насамперед, надмірне транспортне забруднення атмосфери, високий рівень насичення ґрунтового масиву водоносними мережами, а також концентрацію вздовж каналізованого русла р.Полтви підземного стоку з усього водозбірного басейну.

Слід відзначити наявність сезонних змін вмісту окремих компонентів. Так, середня концентрація нафтопродуктів у пробах, відібраних у березні 2002 р., складала $0,25 \text{ мг/дм}^3$, у червні вона зросла до $0,54 \text{ мг/дм}^3$, у вересні – практично не змінилася ($0,52 \text{ мг/дм}^3$), а у грудні – знову зменшилася до $0,23 \text{ мг/дм}^3$. Подібні закономірності характерні також для гідрокарбонатів, кількість яких у воді змінюється наступним чином: березень – 559 мг/дм^3 , червень – 789 мг/дм^3 , вересень – 777 мг/дм^3 , грудень – 599 мг/дм^3 .

Найвищий вміст хлоридів фіксується переважно у березні під час танення снігу. В окремих свердловинах у цей період його кількість досягає 1380 мг/дм^3 при середньому значенні 111 мг/дм^3 . У літні місяці вона істотно зменшується. Така закономірність, а також приуроченість аномалій до транспортних магістралей свідчить про те, що головним джерелом його надходження у підземні води є кухонна сіль, яка використовується як засіб боротьби з ожеледицею.

Дещо подібні, але менш виразні закономірності сезонних змін характерні для натрію і калію, заліза, сульфатів, а також багатьох мікроелементів (барію, марганцю, молібдену, титану, міді, цинку, стронцію) та ін.

Вміст такого забруднювача вод, як амонійний азот змінюється у просторі і часі вкрай незакономірно, що свідчить про його техногенне походження, пов'язане головним чином з аварійними витокami з каналізаційних мереж. Ділянки, де фіксується різке збільшення у воді кількості NH_4^+ , слід розглядати як індикатор пошкодження мереж. Важливим джерелом надходження амонійного азоту в підземні води є ґрунти культурного шару, вміст NH_4^+ у яких досягає 38 мг на 100 г ґрунту [4].

Загалом слід відзначити підвищену строкатість змін хімічного складу вод у просторі і часі, що вказує на суттєвий вплив на їх динаміку техногенних чинників.

Дослідженнями виявлено також значні антропогенні модифікації температури вод. Встановлено, що температура ґрунтових вод узимку змінюється від 8 до 14⁰ С. Її максимальні значення (+14⁰) характерні для свердловин, розташованих поблизу Полтвинського каналізаційного колектора (пр. Свободи), мінімальні (+8⁰) – для ділянок, віддалених від об'єктів антропогенного теплового впливу (парк ім. Івана Франка). У літні місяці температура вод, порівнюючи з холодною порою року, збільшується на 1-6⁰ С. Стійке зростання температури вод майже в усіх свердловинах, незалежно від глибини їх залягання, спостерігається в червні і триває практично до листопада.

Річна амплітуда коливань характеризується деякими просторовими закономірностями. Найменші її значення (1-2⁰С) фіксуються у свердловинах поблизу каналізаційних колекторів і щільної забудови, максимальні (3-5⁰С) – на ділянках, віддалених від джерел теплового впливу.

Закономірності зміни температурного поля вод крейдового горизонту загалом подібні до четвертинного. Різняться вони дещо меншим діапазоном змін температури зимового (9-13⁰), літнього (13-15⁰) періодів та величиною сезонної амплітуди, яка зазвичай не перевищує 2-3⁰. Середня температура ґрунтових вод на 3-5⁰ вища від їх фонового значення для регіону.

Масштабне хімічне і теплове забруднення підземних вод сприяє підвищенню їхньої агресивності до бетону заглиблених залізобетонних будівельних конструкцій. Агресивними властивостями характеризуються як ґрунтові, так і артезіанські води. Але за видами та інтенсивністю агресивної дії вони дещо відрізняються. Води четвертинного водоносного горизонту характеризуються вуглекислотою, загальнокислотою та сульфатною агресивністю. Верхньокрейдові – лише загальнокислотою. За ступенем агресивного впливу води слабо-, середньо- та сильноагресивні. Із загальної кількості проаналізованих проб середній і високий ступінь агресивності мають високомінералізовані води четвертинного водоносного горизонту. Верхньокрейдові – переважно слабо- і середньоагресивні. Ступінь агресивності тісно корелює з величиною загальної мінералізації і змінюється не лише у просторі, але й у часі, що слід враховувати при інженерно-геологічних дослідженнях.

Спостереження за глибиною залягання дзеркала ґрунтових і п'єзометричним рівнем артезіанських вод показали, що вона змінюється в широкому діапазоні. Річна амплітуда коливань четвертинного горизонту змінюється від 0,13 до 1,5 м, верхньокрейдового – від 0,2 до 2,7 м. Просторовий аналіз свердловин з різною амплітудою коливань указує на певні закономірності. Найменший діапазон змін рівня як четвертинного, так і крейдового водоносних горизонтів, що не перевищує 0,1-0,5 м, характерний для ділянок, які безпосередньо прилягають до каналізованого русла р. Полтви. Причому найменші їх значення (0,1-0,2 м) відзначаються у свердловинах, розташованих найближче до нього. Висока стабільність рівнів у цих свердловинах упродовж року пов'язана, на нашу думку, з існуванням в основі колектора спеціального дренажу.

Свердловини з максимальними значеннями амплітуд знаходяться у парку ім. І. Франка, біля підніжжя г. Цитадель та на губернаторських валах. Тобто на ділянках із мінімальним у цьому районі антропогенним покривом. Таким чином, можна говорити про те, що антропогенний чинник є вирішальним у формуванні амплітуд коливання рівня ґрунтових вод. Більше того, геоморфологічно свердловини з максимальними амплітудами приурочені до схилів і завдяки прискореному поверхневому стоку повинні мати значно меншу амплітуду, ніж на рівних ділянках.

Отримані дані вказують на провідну роль Полтвинського каналізаційного колектору у формуванні динамічного режиму ґрунтових вод на ділянках, що знаходяться у сфері його впливу. У міру віддалення

від нього значення амплітуд дещо зростають. Це підтверджується також результатами моніторингу вод у свердловинах Львівської геологічної експедиції, розташованих на околиці міста в долині неканалізованої р.Полтви. Тут річна амплітуда сезонного коливання рівня перевищує 2-3 м.

Аналіз річного ходу динаміки рівнів дозволяє виділити в багатьох свердловинах декілька мінімумів і максимумів. Найбільш виразно фіксується зимовий мінімум у січні. Весняно-літній відзначається у травні-червні, але проявляється він значно слабше. Найбільш контрастний максимум спостерігається в лютому-березні, дещо слабший він в липні.

Абсолютні значення величини весняного підйому вод коливаються у широкому діапазоні – від 1 см до 1,15 м. Мінімальні амплітуди зафіксовані на ділянках, покритих асфальтом та розташованих поблизу Полтвинського колектору. Наприклад, амплітуда коливання рівнів у свердловинах, що знаходяться біля русла каналізованої Полтви, складають 12-17 см; на майданчиках, де поверхня заасфальтована, вони становлять 1-7 см. Величини амплітуд не залежать від глибини залягання вод. Певне значення при цьому має літологічний склад порід зони аерації. У техногенних ґрунтах піщано-супіщаного складу амплітуда значно більша ніж у заторфованих суглинках. Максимальні значення літнього підйому не перевищують 0,46 м. Просторово вони співпадають з весняним.

Важливим показником, який указує на ступінь антропогенізації підземних вод є співвідношення річної та багаторічної амплітуди коливань рівнів. У межах Львова його значення по усіх без винятку свердловинах менше за одиницю. У природних умовах річні амплітуди навпаки перевищують багаторічні. Отримані нами дані корелюють із результатами досліджень рівневого режиму ґрунтових вод у м. Москві [21].

Статистичний аналіз результатів багаторічних (до 50 років) спостережень за рівневим режимом ґрунтових вод в околицях міста, які проводяться Львівською геологічною експедицією, та отриманих нами даних показав, що їх весняний підйом відбувається переважно в березні-квітні, тобто на місяць пізніше, ніж у центральній частині Львова. Виявлену різницю слід пов'язувати з наявністю значного утеплювального ефекту, викликаного щільною забудовою центру міста та густою сіткою каналізаційних мереж.

Слід відзначити добре виражену синхронність зміни рівнів четвертинного і крейдового водоносних горизонтів. Спряжений аналіз графіків коливання рівнів і кількості опадів указує на наявність певної кореляції між ними. Але цей зв'язок, як правило, ефемерний. В одних свердловинах у певні проміжки часу його можна розглядати як досить тісний, у інших – положення рівнів вод різко дисонує з кількістю опадів (рис. 1).

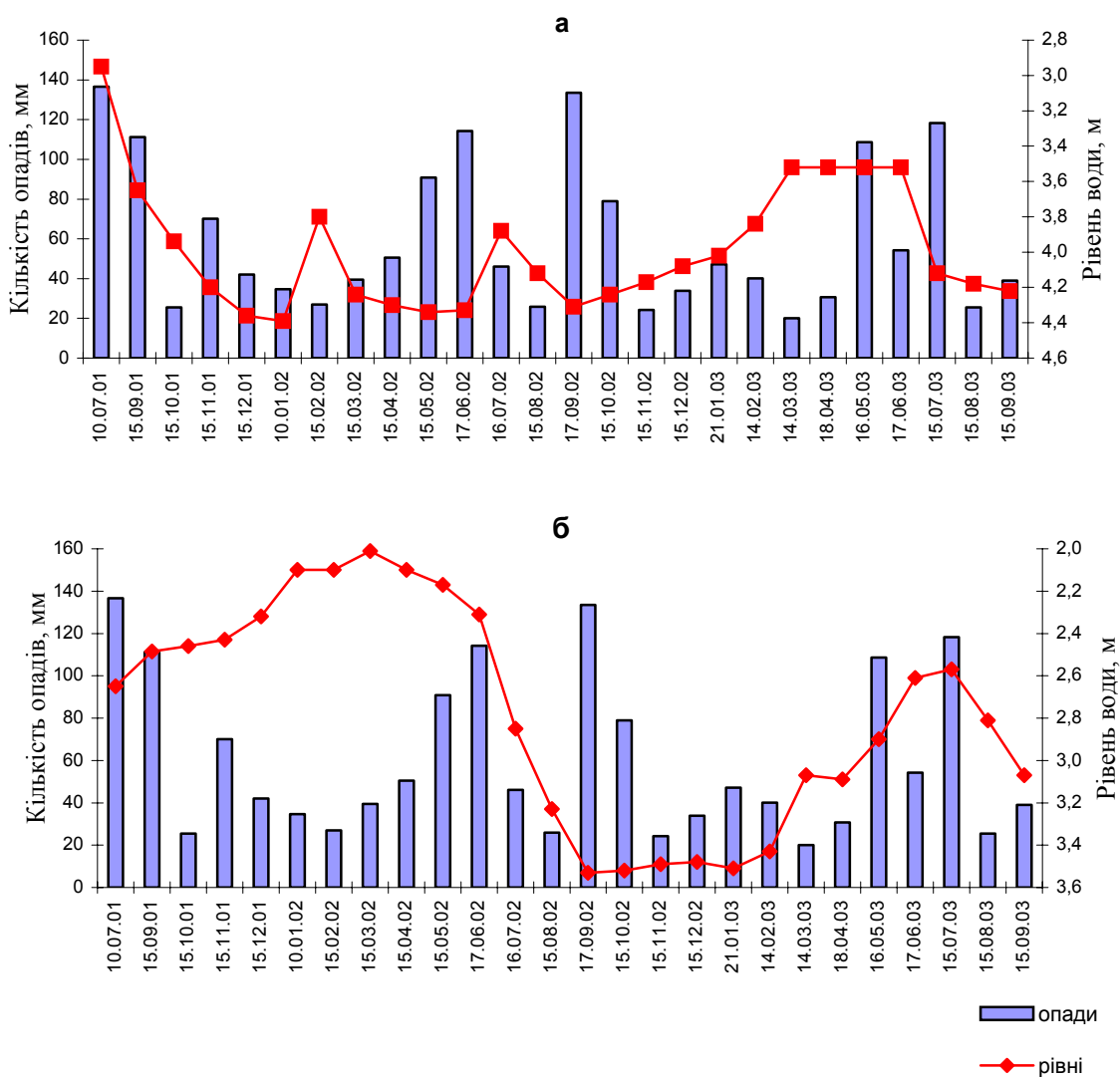


Рис. 1. Динаміка рівнів ґрунтових вод та атмосферних опадів у часі
а- слабопорушений режим вод (парк ім.Івана Франка);
б- сильнопорушений режим (вул. Герцена)

Таке явище пояснюється сильною загальною зарегульованістю рівнів та істотним впливом на них чисельних аварій на інженерних мережах. Зокрема, у місцях масштабних і довготривалих витоків із водоносних мереж у сприятливих гідрогеологічних умовах (ускладнений водовідтік)

відбувається поступовий підйом рівня ґрунтових вод і розвиток процесів підтоплення.

Наявність значних пошкоджень каналізаційних колекторів, прокладених нижче рівня ґрунтових вод, зумовлює локальне їх пониження і розвиток процесів механічної суфозії. Зменшення амплітуд коливання рівнів призводить до збільшення потужності зони аерації і прискореної деструкції органічної речовини в ґрунтах культурного шару та їх самоущільнення.

Моніторингові дослідження підземних вод на території історичної забудови Львова дають підстави зробити наступні **висновки**:

1. Ґрунтові та артезіанські води історичної забудови Львова внаслідок масштабного і довготривалого антропогенного впливу зазнали докорінних змін природного гідрохімічного, гідродинамічного і температурного режиму. Вони мають високу загальну мінералізацію (до 5-13 г/дм³), забруднені амонійним азотом, важкими металами, нафтопродуктами та фенолами і не можуть використовуватися для питного водопостачання.

2. Має місце чітко виражена тенденція погіршення екологічного стану вод у часі. У четвертинному горизонті вона проявляється в зростанні концентрацій натрію, калію, хлоридів, сульфатів та загальну зміну типу вод. У крейдовому, натомість, крім вказаних компонентів збільшується вміст іонів кальцію і гідрокарбонатів, а сульфатів дещо зменшується.

3. Істотних антропогенних деформацій зазнає температура підземних вод. У зимовий період на ділянках, наближених до джерел теплового впливу, вона досягає 14⁰С, на віддалених – знижується до 8⁰С. Середня температура вод у центральній частині Львова на 3-5⁰ вища від фонові для регіону.

4. Основними причинами виявлених змін хімічного складу підземних вод є масштабне забруднення атмосферного повітря, зумовлене збільшенням кількості автотранспорту, великі обсяги аварійних витоків забрудненого зливового стоку і стічних вод з інженерних мереж, а також “вимиванням” токсичних інгредієнтів із забруднених ґрунтів культурного шару.

5. Значні антропогенні трансформації природного ландшафту: перш за все, ліквідація природних дренажів (р. Полтва та її притоки), створення розгалуженої мережі водоносних комунікацій, надмірне техногенне

покриття земної поверхні – істотно змінили поверхневий і підземний стік і порушили природний гідродинамічний режим підземних вод. Найбільш масштабні порушення відзначаються у сфері впливу Полтвинського каналізаційного колектора. Тут сезонні амплітуди коливання рівнів вод не перевищують 0,13-0,2 м за рік. На ділянках із незначним ступенем антропогенного впливу амплітуди зростають до 1,5 м. Загалом істотне скорочення сезонних амплітуд, порівнюючи з багаторічними, є своєрідним критерієм їхньої антропогенізації.

6. Різке зменшення амплітуд коливання рівнів призводить до стабільного збільшення потужності зони аерації, сприяє прискореному розвитку процесів деструкції органічної речовини в ґрунтах культурного шару, їх самоущільненню і деформації розташованих тут споруд. Яскравим прикладом цього є оперний театр і драматичний театр ім. М.Заньковецької, які впродовж тривалого часу неухильно осідають. Підвищені значення амплітуд, особливо при близькому (до 3 м) заляганні рівнів (проїзд Крива Липа, вул. Костюшка, Дорошенка, Гнатюка), призводять до періодичного підтоплення підвальних приміщень розташованих тут будівель.

7. Аналіз річного ходу динаміки рівнів дозволяє виділити декілька їх мінімумів і максимумів. Найбільш виразно фіксується зимовий мінімум у січні. Весняно-літній відзначається у травні-червні, але проявляється він значно слабше. Найконтрастніший максимум спостерігається в лютому-березні, дещо слабше він проявляється в липні. Наявність сезонної ритміки вказує на певну роль у динаміці рівнів кліматичних чинників, не зважаючи на потужний вплив техногенезу. Цей вплив істотно зростає зі зменшенням антропогенного навантаження.

8. Нагромадження моніторингової інформації дозволить у майбутньому розробляти прогностні оцінки та рекомендації щодо управління змінами екологічного стану підземних вод.

* *

Рассмотрено особенности создания специального мониторингового полигона по наблюдению за экологическим состоянием подземных вод в исторической части г. Львова. Охарактеризовано пространственно-временные закономерности изменения глубины залегания вод, их химического состава и свойств. Выявлено основные источники нарушения природного гидрохимического и гидродинамического режимов.

* *

1. *Анпилов В.Е.* Формирование и прогноз режима грунтовых вод на застраиваемых территориях. – М.: Недра, 1976. – 183 с.
2. Влияние водохозяйственных мероприятий на гидрогеологические и инженерно-геологические условия. – М.: Недра, 1989. – 192 с.
3. *Волошин П.К., Наконечный М.В., Ильченко А.В.* Екологічний стан вод підземної гідросфери історичної забудови Львова // Геоінформатика. – 2003. – № 2. – С. 93-98.
4. *Волошин П.К.* Характеристика культурного шару історичної забудови Львова // Науковий вісник Чернівецького університету. Географія. – Вип.167. – Чернівці, 2003. – С. 29-38.
5. *Дзекцер Е.С.* Мониторинг подземных вод урбанизированных территорий // Водные ресурсы. – 1993. – Т. 20. – № 5. – С. 615-620.
6. *Дзекцер Е.С.* Принципы оценки гидродинамической обстановки на урбанизированных территориях // Проблемы инженерной геологии городов. М.: Наука, 1983. – С. 29-33.
7. *Зеегофер Ю.О.* Постановка комплексных режимных наблюдений за изменением геологической среды городов // Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах. – М.: Наука, 1983. – С. 135-136.
8. *Зеегофер Ю.О., Селезнев В.Н.* О методике изучения изменений поверхностных и подземных вод на территории крупных городов // Бюллетень МОИП. – Вып. 5. – 1981. – Т. 56. – С. 131-136.
9. *Зеленин И.В., Подражанский В.А.* Условия и принципы организации стационарных наблюдений за режимом подземных вод урбанизированных территорий Молдавии // Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии городов и городских агломераций. – М.: Наука, 1987. – С. 210-212.
10. *Иванцов Л.Б., Горбунова Г.П.* Загрязнение подземных вод в условиях города // Климат. Город. Человек: Матер. Всесоюз. межведом. конф. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – С. 93-97.
11. Изыскания и защита от подтопления на застроенных территориях. / Под ред. *Р.А. Смирнова.* – Киев: Будивельник, 1976. – 202 с.
12. *Королев В.А.* Мониторинг геологической среды. – М.: Изд. МГУ, 1995. – 270 с.
13. *Котлов Ф.В.* Изменение природных условий территории г. Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 261 с.

14. *Котлов Ф.В.* Антропогенные геологические процессы на территории города. – М.: Наука, 1977. – 170 с.
15. *Лапишова Л.П., Рубейкин В.З.* Организация наблюдений и изучение режима химического состава подземных вод в городах // Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии городов и городских агломераций. – М.: Наука, 1987. – С. 219-221.
16. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод (изучение режима химического состава подземных вод). – М.: ВСЕГИНГЕО, 1985. – 76 с.
17. Мониторинг подземных вод и экзогенных геологических процессов // Труды ГИДРОИНГЕО. – Ташкент: САИГИМС, 1990. – 121 с.
18. *Павловец И.Н.* Гидродинамические особенности грунтовых вод территории Киева // Геологический журнал. – 1991. – № 2. – С. 69-77.
19. Постоянно-действующие модели гидrolитосферы территорий городов и городских агломераций / Отв. ред. *П.Ф. Швецов*. – М.: Наука, 1991. – 196 с.
20. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 540 с.
21. *Семенов С.М., Батрак Г.И.* Закономерности гидродинамического режима подземных вод городских территорий (на примере г. Москвы) // Инженерная география. Экология урбанизированных территорий: Доклады IV Междунар. конф. – Ярославль, 1999. – С. 271-278.
22. *Слепин Э.И., Карташов А.И.* Система мониторинга городской природной среды // Проблемы инженерной геологии городов. – М.: Наука, 1983. – С.131-133.
23. *Тукалло А. М.* О метаморфизации химического состава грунтовых вод урбанизированных территорий // Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии городов и городских агломераций. – М.: Наука, 1987. – С. 227-228.
24. *Тютюнова Ф.И.* Особенности гидрогеохимического мониторинга в пределах урбанизированных территорий // Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах. – М.: Наука, 1983. – С. 96-99.
25. *Тютюнова Ф.И.* Гидрогеохимия техногенеза. – М.: Наука, 1987. – 218 с.
26. Monitoring osloniowy ujec wod podsemnych // Metody badan. – Warszawa, 1999. – 214 s.