

УДК 551

## ТРИ ВИДИ ЖИВЛЕННЯ ПОРОВИХ І ТРІЩИННИХ КОЛЕКТОРІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЛЬВІВЩИНИ

В. Харкевич

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
геологічний факультет, кафедра екологічної та інженерної геології і гідрогеології,  
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005  
e-mail: harkevich@ukr.net*

Схарактеризовано три види живлення порових і тріщинних колекторів підземних вод: а) атмосферними опадами на території між вододільними просторами басейнів річок до їхніх русел; б) з річок; в) з боку регіональних розломів. *Перший вид живлення.* Область живлення підземних вод є на території між вододільними просторами басейнів річок до їхніх русел. Потік вод спрямований від вододілів до долин річок, де й відбувається часткове їхнє розвантаження. Хімічний склад підземних вод формується внаслідок взаємодії води атмосферних опадів з водовмісними породами на всьому шляху інфільтрації від поверхні (процес вилуговування). Найактивніше вилуговування відбувається в тому випадку, якщо відклади, через які йде інфільтрація атмосферних опадів, уміщують домішки добре розчинних хлоридів (галіт, сильвін, карналіт та ін.), розчинних сульфатів (гіпс, кізерит та ін.). Прикладом впливу джерел забруднення, що розташовані в зоні живлення, на підземні води порового колектора є Жидачівський водозабір, а для тріщинного колектора – водозабори басейну р. Верещиця. *Другий вид живлення.* Формування хімічного складу підземних вод відбувається завдяки живленню з річок внаслідок інфільтрації поверхневих вод по алювіальних відкладах або по зонах тріщинуватості корінних порід. Інфільтрація поверхневих вод у підземні води в межах платформної частини відбувається так. Як відомо, прибережна смуга корінних порід завширшки 50–1 000 м і більше з обох боків є зоною підвищеної тріщинуватості. У природному стані ця зона перекрита зверху звітрілими до стану глин корінними породами (мергелями, вапняками та ін.). Потужність цієї зони кольматації становить 5–10 м. У місцях, де річку перетинають розломи, з якими пов'язані зони поширення тріщин іншого, ніж річка, напрямку, глини перестають бути водотривким шаром і вода з річки інфільтрується по зонах тріщинуватості в підземні води. Наведено низку прикладів живлення з річки. Зазначено, що найбільше виявлене забруднення підземних вод тріщинного колектора нітратами та важкими металами водозаборів під час мало- і середньоводних років, причому вміст нітратів у воді свердловин корелює не з відстанню до річки, а з водопровідністю водовмісних порід у районі експлуатаційної свердловини. Живлення, що відбувається з річки, більшість населення та керівництво місцевих органів влади зовсім не беруть до уваги, вони не дотримуються вимог екологічного законодавства, насамперед, Водного кодексу України, а саме – не виконують вимог стосовно зони санітарної охорони водних об'єктів щодо водоохоронних зон і прибережних захисних смуг річок. *Третій вид живлення.* Область живлення розміщена з боку регіональних розломів. Формування хімічного складу підземних вод відбувається завдяки напір-

ному живленню з боку регіональних розломів, з якими пов'язані зони поширення тріщин глибинного (10 км і більше) залягання і їхня висока водопровідність, для кристалічних порід водопровідність надзвичайно висока. Напірні властивості живлення підземних вод з боку регіональних розломів зумовлені релаксаційними коливаннями (періодичними коливаннями, що не загасають), які виникають під впливом ротаційних сил Землі та збурень гравітаційного поля під дією припливних сил і які виявляються рухами блоків, розділених мережею регіональних розривних порушень. Напірне живлення підземних вод водозаборів Львівщини з боку регіональних розломів виявляється, переважно, у збільшенні вмісту у воді натрію і хлору, фтору, броду, йоду, важких металів та ін. Захистити водозабір питної води від природного забруднення хлоридами й іншими компонентами можна, зменшивши глибину свердловини та водовідбору. Напірне живлення підземних вод можна посилити штучно, зокрема в ході гідророзриву в сланцевій технології. Негативний вплив на воду від сланцевої технології найбільш прихований і не завжди доведений лабораторними дослідженнями. Однак є багато фактів, які свідчать про те, що цей вплив на питну воду найпотужніший. Наведено приклади в Китаї (місто Ланьчжоу), США (штат Мічиган), де зафіксовано отруєння питної води від сланцевої технології.

*Ключові слова:* види живлення, поровий колектор, тріщинний колектор, підземні води, розломи.

Наше здоров'я залежить від якості води, яку ми п'ємо, від якості продуктів харчування рослинного і тваринного походження, які ми споживаємо, та від інших чинників (чистоти повітря, яким ми дихаємо, електромагнітного випромінювання та ін.). Для людини вода, як підземна, так і поверхнева (річкова, озерна), відіграє особливу роль, тому що чиста вода – це життя, це запорука здоров'я нашого і наших дітей, це основа всього живого на планеті Земля.

На жаль, якість води з кожним роком погіршується, причому посилюється загроза різкого зменшення кількості питної води у світі, у тому числі на Львівщині.

Процес формування якості підземних вод залежить від того, як відбувається її живлення.

Ми виділяємо *три види живлення порових і тріщинних колекторів підземних вод*: а) атмосферними опадами на території між вододільними просторами басейнів річок до їхніх русел; б) з річок; в) з боку регіональних розломів.

*Перший вид живлення.* Область живлення підземних вод розміщена на території між вододільними просторами басейнів річок до їхніх русел. Потік вод напрямлений від вододілів до долин річок, де й відбувається часткове їхнє розвантаження. Хімічний склад підземних вод формується внаслідок взаємодії води атмосферних опадів з водовмісними породами на всьому шляху інфільтрації від поверхні (процес вилуговування). Найактивніше вилуговування відбувається в тому випадку, якщо відклади, через які йде інфільтрація атмосферних опадів, містять домішки добре розчинних хлоридів (галіт, сильвін, карналіт та ін.), розчинних сульфатів (гіпс, кізерит та ін.). Як відомо, у межах Самбірського та Бориславо-Покутського покривів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину піщано-глиниста товща воротищенської, стебницької та балицької світ нижнього неогену містить поклади і домішки кам'яної солі й сульфатів. Зокрема, мінеральні води водозабору Юзя курорту Трускавець формувалися завдяки тому, що атмосферні опади інфільтрувалися спочатку через четвертинні суглинки невеликої потужності (~ 6 м), а потім через тріщинуваті відклади воротищенської світи. Тобто підземні води

тріщинного колектора у відкладах воротищенської світи збагачувалися, насамперед, хлоридами та сульфатами, вміст яких іноді сягає високих концентрацій. Зазначимо, що в зоні живлення колодязів та свердловин водозабору Юзя нема джерел забруднення, а сама зона живлення розташована в лісі.

Якщо ж у зоні живлення є джерела забруднення, наприклад, сміттєзвалища, гноєсховища та інші, то атмосферні опади вимиватимуть забрудник, який потраплятиме в підземні води й погіршуватиме їхню якість. Прикладом впливу джерел забруднення, що розташовані в зоні живлення, на підземні води порового колектора є Жидачівський водозабір, а для тріщинного колектора – водозабори басейну р. Верещиця.

Жидачівський водозабір розташований у межах другої надзаплавної тераси середньої течії р. Дністер. Напрямок руху підземних вод в алювіальних відкладах другої надзаплавної тераси р. Дністер верхнього неоплейстоцену субпаралельний до русла р. Стрий. По лінії потоку підземних вод зверху вниз розташовані: сміттєзвалище → водозабір → забудовна зона м. Жидачів. Ділянка під захоронення побутових відходів м. Жидачів та відходів Жидачівського целюлозно-паперового комбінату розміщена у відпрацьованій частині кар'єру з видобутку суглинків. Поверхня кар'єру розкрита, дренавання ґрунтових вод утворило низку поверхневих водойм. Вода з них, а також амоній, інфільтрується у поровий колектор в алювіальних відкладах, який експлуатує Жидачівський водозабір. Розташування ділянки під сміттєзвалище суперечить екологічно безпечній діяльності водозабору. Отже, наявність високого вмісту амонію у воді Жидачівського водозабору спричинена сміттєзвалищем.

На значній території басейну р. Верещиця та її приток підземні води тріщинного колектора у відкладах опільської світи нижнього неогену видобувають свердловинами Західної групи водозаборів для водопостачання Львова. Породи опільської світи перекриті відкладами неоплейстоцену і голоцену, що представлені лесоподібними суглинками та пісками потужністю до 25 м, локально – піщано-глинистою товщею косівської світи та гіпсо-ангідритовою товщею тираської світи нижнього неогену загальною потужністю 5–10 м. Підземні води першого від поверхні порового колектора (ґрунтові води), що розміщені в пісках та лесоподібних суглинках, не захищені від поверхневого забруднення. Підземні води другого від поверхні тріщинного колектора у відкладах опільської світи нижнього неогену також не захищені від поверхневого забруднення, тому що четвертинні відклади (піски та суглинки), які покривають опільські вапняки та пісковики, є водопроникними. Причому захищеність вод тріщинного колектора залежить від розломів, з якими пов'язані зони тріщинуватості. Ці зони тріщинуватості відіграють визначальну роль у транспортуванні поверхневого забрудника в підземні води тріщинного колектора. Це підтверджено і результатами хімічних аналізів підземних вод. Села Кочмари і Воля Добростанська розташовані в зоні розлому, проте нижче за рельєфом від майданчика Воле-добростанського водозабору. Водночас у воді цього водозабору постійно простежується високий вміст нітратів ( $>50$  мг/дм<sup>3</sup>), які інфільтруються з боку гноєсховищ названих сіл до водозабірних свердловин завдяки депресійній лійці, що утворюється в разі відкачування води. По зонах тріщинуватості також зазнає промивання під час руху підземних вод локально поширена піщано-глиниста товща косівської світи та гіпсоангідритова товща тираської світи нижнього неогену загальною потужністю 5–10 м і розчиняє, насамперед, гіпс, целестин та барит, збагачуючи підземні води сульфатами, стронцієм та барієм. Крім того, завдяки наявності органічної речовини у відкладах косівської світи відбувається сульфат-редукція сульфат-іона й утворюється сірководень, іноді у великих кількостях.

*Другий вид живлення.* Областю живлення підземних вод є річка. Формування хімічного складу підземних вод відбувається завдяки живленню з річок унаслідок інфільтрації поверхневих вод по алювіальних відкладах або по зонах тріщинуватості корінних порід.

Наприклад, на території Передкарпатського прогину та Складчастих Карпат алювіальні відклади верхнього неоплейстоцену, що утворюють другу надзаплавну терасу, зафіксовані по долинах усіх великих водотоків. Максимально вони поширені по долинах Дністра та всіх його приток. З наближенням приток до Дністра алювіальні відклади займають усе межиріччя. Складені галечниками з валунами, лінзами пісків, супісків. Потужність – до 20 м. Алювіальні відклади верхнього неоплейстоцену, що формують першу терасу, поширені по долинах водотоків усіх рангів. Вони складені галечниками з валунами, лінзами пісків та супісків. Потужність – до 25 м. Розріз цих терас у долині р. Дністер складений знизу доверху: галечниками з гравійно-піщано-глинистим заповнювачем, пісками глинистими, суглинками піщанистими, інколи з прошарками торфу. Потужності становлять: другої надзаплавної тераси – 15–20 м, інколи до 28 м; першої – 12–18 м, інколи до 23 м. Характерною особливістю алювіальних відкладів є висока водопровідність водовмісних порід, яка коливається, переважно, від 100 до 1 000 м<sup>2</sup>/добу, інколи – до 10 000 м<sup>2</sup>/добу. Високі колекторські властивості водовмісних порід зумовлені переважанням гравійно-галечникового і піщаного матеріалу.

Прикладом інфільтрації поверхневих вод у водоносний горизонт по алювію є Голобутівське родовище. Формування сольового складу підземних вод в алювіальних відкладах другої надзаплавної тераси верхнього неоплейстоцену зумовлене умовами їхнього живлення. Для Голобутівського родовища живлення алювіального колектора другої надзаплавної тераси верхнього неоплейстоцену відбувається завдяки інфільтрації атмосферних опадів, перетіканню з прилеглих відкладів третьої надзаплавної тераси і, головне, завдяки доброму гідравлічному взаємозв'язку з поверхневими водами р. Колодниця (Колодниця та її притоки розкривають водоносний горизонт в алювіальних відкладах другої надзаплавної тераси верхнього неоплейстоцену по всій течії, річка протікає по покрівлі водоносного горизонту). У разі надходження в річкові води неочищених побутових стоків сіл Колодниця, Монастирець, Воля-Довголуцька, Довголука та інших (у селах нема централізованого водовідведення побутових стоків), у водоносний горизонт потраплятимуть забрудники (хімічні речовини мийних засобів, важкі метали, азотисті сполуки та інші), які погіршують її якість. Про це свідчать близькі за вмістом компонентів результати хімічного аналізу (табл. 1).

Упродовж року залежно від кількості опадів уміст інгредієнтів забрудників у воді річки і, відповідно, у підземній воді коливається: у разі злив зменшується, у період без опадів збільшується.

Підшоною водоносного горизонту в алювіальних відкладах другої надзаплавної тераси верхнього неоплейстоцену є відклади балицької світи, у яких наявні потужні лінзи кам'яної та калійних солей, інколи лінзи гіпсів. Тому формування хімічного складу підземних вод відбувається також завдяки розчиненню цих солей під час руху вод у ході оновлення розломів.

Для лівобережних приток Дністра на території Східно- і Західноєвропейської платформи алювіальні відклади витягнуті у вигляді вузьких зон уздовж річок і представлені піщано-суглинними розрізами з прошарками супісків, які мають невелику водопровідність. Коефіцієнт водопровідності тут становить переважно до 10 м<sup>2</sup>/добу. Алювіальні відклади в межах платформної частини підстелені мергелями крейди, вапняками, піско-

виками й іншими кристалічними породами неогену. Тому алювіальні відклади відіграють важливу роль у нагромадженні та транзиті вод до горизонтів, що залягають нижче, а саме – до корінних тріщинуватих відкладів, які мають високу ефективну пористість. У межах платформної частини Львівщини всі значні сховища прісних підземних вод є саме у тріщинному колекторі (західна, північна та східна групи водозаборів підземних вод для водопостачання Львова й ін.). Інфільтрація поверхневих вод у підземні в межах платформної частини відбувається так. Як відомо, прибережна до річки смуга корінних порід завширшки 50–1 000 м і більше з обох боків є зоною підвищеної тріщинуватості. У природному стані ця зона тріщинуватості корінних порід перекрита зверху звітрілими до стану глин корінними породами (мергелями, вапняками та ін.). Потужність цієї зони кольматації становить 5–10 м. У місцях, де річку перетинають розломи, з якими пов'язані зони поширення тріщин іншого, ніж річка, напрямку, глини перестають бути водотривким шаром і вода з річки інфільтрується по зонах тріщинуватості в підземні води. Деякою мірою глинистий мул (донні відклади) у руслі річки захищає підземні води від забруднення забрудненими поверхневими водами. Однак очищення русел річок від мулу сприяє інфільтрації забруднених поверхневих вод у підземні води.

Таблиця 1

Результати хімічного аналізу проб води р. Колодниця та підземних вод свердловини № 2 в районі с. Голобутів Стрийського р-ну (2012), мг/дм<sup>3</sup>

Показник	Колодниця	Свердловина № 2-РЕ
Натрій (Na <sup>+</sup> )	39,6	44,3
Калій (K <sup>+</sup> )	5,1	1,7
Кальцій (Ca <sup>2+</sup> )	46,1	34,0
Магній (Mg <sup>2+</sup> )	7,3	6,0
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	57,6	11,1
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	30,0	42,6
Гідрокарбонати (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	158,7	164,7
Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	6,0	6,1
Кремнезем (SiO <sub>2</sub> )	18,0	24,9
Мінералізація	368,4	335,4
Водневий показник (pH)	7,9	6,8

Наявність зверху звітрилих до стану глин корінних порід (мергелів, вапняків) зумовлює також напірні властивості підземних вод зони тріщинуватості, однак ця напірність пов'язана, переважно, із надходженням води з боку бортів долини річки. Напір з боку верхів'я річки практично нівельований завдяки розвантаженню підземних вод у русло річки.

Про живлення з річки Західний Буг підземних вод тріщинного колектора свідчать результати хімічного аналізу (табл. 2). Вода Соснівського та Межирічанського водозаборів містить нітрати, які характерні для річки Західний Буг. Водночас у воді Правдинського водозабору, свердловини якого розташовані на відстані понад 3 км від р. Західний Буг, нітратів нема.

Найбільше виявлене забруднення підземних вод тріщинного колектора нітратами та важкими металами водозаборів під час мало- і середньоводних років, причому вміст

нітратів у воді свердловин корелює не з відстанню до річки, а з водопродією водовмісних порід у районі експлуатаційної свердловини.

Водопродійність водовмісних порід, що залежить від інтенсивності тріщинуватості вапняків опільської світи нижнього неогену на площі водозабору, значно коливається (табл. 3). Відповідно, значно коливаються вмісти нітратів у воді: з більшою водопродією пов'язані більші їхні вмісти.

Як відомо, у долині річок розташовані населені пункти, від яких у річку потрапляють неочищені побутові та промислові стоки. Ці зони тріщинуватості періодично оновлюються, тож інфільтрація забруднених вод з річок у водоносний горизонт також відбувається періодично.

Таблиця 2

Результати хімічного аналізу проб води р. Західний Буг у районі Червоноградського гірничо-промислового району та підземних вод свердловин Соснівського й Межирічанського водозаборів Сокальського р-ну (1996), мг/дм<sup>3</sup>

Показник	Західний Буг	Свердловина № 441 Соснівського водозабору	Свердловина № 98 Межирічанського водозабору
Натрій (Na <sup>+</sup> )	76,4	125,6	115,7
Калій (K <sup>+</sup> )	0,7	17,4	13,9
Кальцій (Ca <sup>2+</sup> )	122,2	24,0	36,1
Магній (Mg <sup>2+</sup> )	15,8	36,5	21,9
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	80,6	41,2	17,3
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	120,0	142,0	51,5
Гідрокарбонати (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	329,0	317,3	384,4
Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	17,0	2,5	5,5
Кремнезем (SiO <sub>2</sub> )	10,0	21,4	10,7
Мінералізація	771,7	727,9	657,0
Водневий показник (рН)	7,7	8,1	6,5

Таблиця 3

Вміст нітратів у воді свердловин Будзенського водозабору (2004)

Показник	Свердловини Будзенського водозабору			
	№ 1	№ 6	№ 7	№ 13
Водопродійність водовмісних порід, м <sup>2</sup> /добу	286	4 196	2 483	930
Вміст нітратів у воді, мг/дм <sup>3</sup>	37	161	91	55

Вода водозаборів, що розташовані в нижній і середній частинах русла р. Верещиця (водозабори Мальчицький, Кам'янобрідський, Будзенський, Керницький), забруднені нітратами і важкими металами (свинцем та ін.), бо численні розломи перетинають Верещицю, збагачену цими забрудниками.

Майже на кожному водозаборі Львівщини можна спостерігати вплив на якість води живлення, що відбувається з річки по алювію або по зонах тріщинуватості.

На жаль, живлення, що відбувається з річки, більшість населення та керівництво місцевих органів влади зовсім не беруть до уваги, вони не дотримуються вимог екологічного законодавства, насамперед, Водного кодексу України, а саме: не виконують вимоги стосовно зони санітарної охорони водних об'єктів щодо водоохоронних зон і прибережних захисних смуг річок [1, 4–6]. Зокрема, запроваджено централізоване водопостачання населених пунктів, які потрапляють у депресійну лійку водозаборів без водовідведення господарсько-побутових стоків. Населення сіл та селищ області також самостійно перейшло на централізоване водопостачання. Централізоване водопостачання індивідуального будинку відрізняється від децентралізованого застосуванням pomp та водопровідної мережі в разі видобування води з колодязів, свердловин і джерел.

Сьогодні у Львівській обл. практично нема садиб, де воду видобувають за допомогою відра. А це спричинило різке зростання видобутку і, відповідно, скидання побутових стоків не у вигріб з подальшим вивезенням на поле як добриво після відповідної підготовки, а на незахищені ґрунти, у річки, струмки, з подальшим потраплянням у підземні води, водозабори. Біля м. Новий Розділ на березі Дністра складовані відходи заводу мінеральних добрив (4 млн т), що їх промивають дощові води, забруднюючи поверхневі й підземні води. Сміттєзвалище розміщено у відпрацьованій частині Миколаївського піщаного кар'єру Миколаївського родовища піску. Забудовано земельні ділянки в прибережних захисних смугах уздовж річок, струмків, навколо озер, водосховищ та ставків. На Львівщині важко знайти ділянки, де такої забудови біля струмка немає. Особливо жахлива картина на Сколівщині, там скрізь уздовж річок набудували готелі, мотелі, а питною водою їх не забезпечили, як і централізованим водовідведенням.

Іноземні бурові компанії під час розшуків нафти і газу в Україні застосовували ціаніди – речовини другого класу небезпеки (на площі “Бориня” Турківського р-ну Львівської обл.). Токсичні відходи буріння рідинні та тверді (шлами) на площі “Біляївська-400” Харківської обл. без обробки скидали на об'єкти комунального господарства (рідинні – у каналізацію, шлами – на полігони твердих побутових відходів), що заборонено законодавством України. На Заході України також нема спеціалізованих шламосховищ для відходів буріння.

Ігнорування екологічного законодавства призвело до забруднення річок, у багатьох річках повністю зникла риба, деякі організми вимерли. Це ігнорування спричинило забруднення підземних вод у порових і тріщинних колекторах. Унаслідок цього як зі свердловин централізованих водозаборів, так і з колодязів населення почало пити воду, у якій з'явилися інгредієнти стоків з високим вмістом. Це і сполуки азоту, і компоненти мийних засобів, і важкі метали тощо в кількостях, що перевищують нормативи. Високий вміст сполук спричиняє різноманітні хвороби.

Зазначимо, що територія Львівської обл. – це суцільна зона живлення підземних вод як атмосферними опадами на території між вододільними просторами басейнів річок до їхніх русел, так і з річок.

Тому населення не повинно забруднювати територію проживання. Необхідно також ліквідувати сміттєзвалища, замість них збудувати сміттєпереробні заводи. Потрібно заборонити централізоване водопостачання, якщо нема централізованого водовідведення. Інакше в недалекому майбутньому вода настільки забрудниться, що буде не придатна для споживання людиною.

*Третій вид живлення.* Область живлення розміщена з боку регіональних розломів. Формування хімічного складу підземних вод відбувається завдяки напірному живленню з боку регіональних розломів, з якими пов'язані зони поширення тріщин глибинного (10 км і більше) залягання і їхня висока водопровідність, для кристалічних порід водопровідність надзвичайно висока. Утворення гігантських родовищ підземних вод обводнених розломів зумовлене переважно інтенсивним крихким руйнуванням давніх глибоко метаморфізованих гірських порід у зонах тектонічних розривів, які виникають у разі розтягування кори, що створює сприятливі умови для формування достатньо широких і протяжних лінійних колекторів у розломах, здатних акумулювати значні запаси підземних вод завдяки винятковим емнісним можливостям колекторів тріщин у зонах розломів. У розсолах Українського кристалічного щита виявлено численні залишки рослин (спори, пилок), які вірогідно належать до палеозойських, мезозойських і кайнозойських фітоценозів; виявлено значні вмісти в хлоридних водах давніх кристалічних щитів сульфатної сірки, бромю та йоду, які властиві соленосним седиментаційним басейнам.

Напірні властивості живлення підземних вод з боку регіональних розломів зумовлені релаксаційними коливаннями (періодичними коливаннями, що не загасають), які виникають під впливом ротаційних сил Землі та збурень гравітаційного поля під дією приливних сил і які виявляються рухами блоків, розділених мережею регіональних розривних порушень. Тобто якщо в морі приплив супроводжується підняттям рівня води, а відплив – його опусканням, то на суші в цей час відбувається то розкриття тріщин, то закриття їх.

Напірне живлення підземних вод з боку регіональних розломів супроводжується, переважно, появою у воді водозаборів Львівщини натрію і хлору, фтору, бромю, йоду, важких металів та ін. Вміст компонентів зменшується від глибших до менш глибоких горизонтів (табл. 4). Свердловина № 6-ВМ, шахта № 6-ВМ та свердловина № 90 розміщені в зоні впливу однієї Белз-Мілятинської зони розломів і поза межами впливу поверхневих вод.

Збільшення вмісту у воді натрію і хлору, фтору, бромю, йоду, важких металів тощо властиве регіональним розломам. Зокрема, максимальний вміст фтору 1964 р. зареєстрований на Соснівському водозаборі з поступовим зниженням абсолютних значень з півдня (Белз-Мілятинська зона розломів) на північ (Межирічанський, Ванівський, Червоноградський, Бендюзький, Борятинський, Правдинський водозабори). У тому ж напрямі й порядку збільшується вміст кальцію і зменшується вміст натрію, хлору й сульфатів.

Напірне живлення водоносного горизонту з боку глибинних розломів зафіксоване на багатьох водозаборах Львівщини в тріщинних колекторах, яке виявляється, за даними виробничих організацій, переважно у збільшенні мінералізації води та вмісту натрію і хлору у воді.

Захистити водозабір питної води від природного забруднення хлоридами й іншими компонентами можна, зменшивши глибину свердловини та водовідбору.

Напірне живлення підземних вод можна посилити штучно, зокрема, у разі гідророзриву в сланцевій технології.

Технологія видобування сланцевого газу за допомогою свердловин відома у США з 1821 р. Сланцевий газ видобувають із горючих сланців. Горючі сланці – це тверда корисна копалина (руда), що складається зі сланцю та керогену (твердої органічної речовини) [2]. Кількість керогену в руді коливається від 10–15 до 60–80 %.



Таблиця 4

Результати хімічного аналізу проб води тріщинного колектора у відкладах девону, карбону та верхньої крейди (1964), мг/дм<sup>3</sup>

Показник	Свердловина № 6-ВМ, гл. 2460 м, (D)	Водовідлив шахти № 6-ВМ, гл. ~400 м, (С)	Свердловина № 90 Ванівського водозабору, гл. 60 м, (К <sub>2</sub> )
Натрій (Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> )	43 451,6	3 956,2	113,4
Амоній (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	35,0	3,0	10,0
Кальцій (Ca <sup>2+</sup> )	14 542,4	900,4	73,6
Магній (Mg <sup>2+</sup> )	2 590,1	153,2	17,0
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	313,5	1 457,1	14,8
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	82 517,1	5 541,6	45,4
Гідрокарбонати (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	30,5	637,7	518,9
Йод (I)	10,5	0,2	–
Вром (Br)	599,4	0,6	–
Фтор (F)	Не визн.	10,0	0,7
Мінералізація	144 079,6	12 660,0	793,8
Водневий показник (рН)	8,5	7,7	7,2

Сланцевий газ продукують з горючих сланців (сланець + кероген) хімічним методом. Розчиненням керогену в бензолі й толуолі отримують метан (власне природний газ), діоксид карбону і воду [7]. Водночас у меншій кількості утворюються також оксиди сірки, азоту та фосфору. Екзотермічна хімічна реакція відбувається під тиском 3,5 МПа і за температури 380–500 °С. Калорійність сланцевого газу удвічі менша, ніж цього природного газу, добутого свердловинним способом.

У разі застосування цієї технології хімічні реагенти потрапляють, згідно з геологічною будовою та законами гідродинаміки, у питну воду на далекій відстані (за 1 000 км), швидкості руху хімічних розчинів по розломах на глибині 5–10 км і більше дуже високі через наявність там тріщинуватих кристалічних (не пластичних) порід. Ця висока швидкість зберігається з глибини до поверхні в місцях перетину розломів, тому що вздовж розломів постійно відбуваються коливальні рухи блоків, тріщинуватість уздовж розломів, і, відповідно, висока водопровідність постійно оновлюються у порівняно пластичних породах, що залягають вище.

Цей вид негативного впливу на воду найбільше прихований і не завжди доведений лабораторними дослідженнями. Однак є багато фактів, які свідчать про те, що цей вплив на питну воду найпотужніший. Наприклад, у Китаї біля м. Фулінь на родовищі горючих сланців періодично застосовують технологію видобутку сланцевого газу свердловинним способом. Унаслідок використання цієї технології через надмірний тиск під час гідророзриву 14 квітня 2014 р. у м. Ланьчжоу (2,6 млн населення), що розташоване на відстані 750 км на північ–північний захід від м. Фулінь (провінція Суачань), у водопровідній воді виявили бензол у кількості 0,02 мг/л, що в 20 разів перевищує ГДК для питних вод (0,001 мг/л). У деяких районах Бангладешу, Індії, Камбоджі, М'янми, В'єтнаму і Південного Китаю в зоні впливу сланцевої технології біля м. Фулінь трапляються регулярні масові отруєння мільйонів людей арсеном. Дослідження засвідчили, що в цих районах вміст арсену у воді перевищує рекомендовані Всесвітньою організа-

цією охорони здоров'я норми в 20–100 разів (норматив –  $\leq 0,01$  мг/л). У провінції Суачань зникли бджоли, квіти в садах люди запилюють вручну.

У США, де майже в кожному штаті застосовують сланцеву технологію, губернатор штату Мічиган Рік Снайдер наприкінці 2015 р. оголосив про введення надзвичайного стану в місті Флінт унаслідок проблем з вмістом свинцю в питній воді. Ситуація з водою вже призвела до загрози здоров'ю населення міста.

Якщо радіус поширення високотоксичних речовин сланцевої технології по глибинних розломах становить 1 000 км, то цілком імовірно, що населення величезних регіонів уже п'є воду з токсичними компонентами, хоча сьогодні їхні вмісти менші від ГДК. Зазначимо, що головна загроза від отруєної компонентами сланцевої технології води полягає в тому, що коли її питимуть діти, навіть і за вмісту, меншого від ГДК, то в майбутньому, ставши дорослими, вони не матимуть дітей! Припиніться народжуваність! Нині на Львівщині значно зросла захворюваність людей на різноманітні хвороби, особливо дітей.

Уважаємо, що застосування сланцевої технології разом з іншими чинниками призводить до зростання отруєння питних вод.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Водний кодекс України // Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 24. – Ст.189.
2. Горная энциклопедия : в 5 т. / [под ред. Е. А. Козловского]. – М. : Сов. Энциклопедия, 1984–1991.
3. ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 р. № 400.
4. Положение о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения. – М. : Минздрав СССР, 1983. – 20 с.
5. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів : Постанова Кабінету Міністрів України // Офіційний вісник України. – 1998. – № 51. – Ст. 1890.
6. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. – С. 546.
7. Травень В. Ф. Органическая химия : в 3 т. / В. Ф. Травень. – М. : Бинум. Лаборатория знаний, 2013.

*Стаття: надійшла до редакції 04.08.2016  
прийнята до друку 19.10.2016*

### THREE TYPES OF RECHARGE OF POROUS AND FRACTURED GROUNDWATER RESERVOIRS THE LVIV REGION

**V. Kharkevich**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
geological faculty, department of ecological and engineering geology and hydrogeology,  
4, Hrushevskij Str., Lviv, Ukraine, 79005  
e-mail: harkevich@ukr.net*

Three zones where the groundwater recharge is generated are defined: a) zone located on the area between watersheds where groundwater recharge is formed due to rainfall; b) zone of river discharge into the groundwater horizons; c) zone in the area of regional faults.

In the first zone rain water which flow down the watershed slopes to the river valley partially percolate underground contributing to groundwater recharge. In this case, groundwater chemical composition is the result of rain water interaction with water bearing rocks during it infiltration (leaching). When rocks contain soluble chlorides (halite, sylvite, carnallite, etc.) or sulfates (gypsum, kieserite, etc.) then the intensification of leaching processes occur. There are a number of examples when this zone undergoes negative effects of pollution which influence the quality of groundwater. For instance, the groundwater contained in the porous collector of the Zhidachev intake as well as the water contained in fractured collectors of the water intakes in the Vereschtytsya river basin are vulnerable to contamination.

The second source of groundwater recharge is the river water. Here, the chemical composition of the groundwater is formed by the percolation of stream water through the alluvial deposits or zones of fractured bedrocks. Infiltration of surface water into the groundwater within the platform area occurs in the following way. The riverside strip of bedrocks with the width 50-1000 m is highly fractured. In the natural state this crashed zone is covered by the weathered to the clayey state bedrocks (marl, limestone ect.). The thickness of this zone is 5-10 m. In the areas where the river is crossed by faults, the clay cover loses impermeable properties and the stream water infiltrate through the fractures into the groundwater horizon. It was indicated that the fractured collector of groundwater is contaminated with nitrates and heavy metals during the low flow and medium flow seasons. It should be emphasized that the content of nitrate in water wells does not correlate with the distance to the river but with the hydraulic conductivity of rocks in the area of wells exploitation. Local authorities' as well as local population neglect the fact that the river discharge into the groundwater since the requirements of environmental legislation, especially the demands of the Water Code of Ukraine, are not executed. To be more precise, the water protection strips along the rivers as well as sanitary protection zones around water intakes are not fully observed.

The chemical content of the groundwater in the area of regional faults (more than 10 km) is determined by the artesian nourishment. Artesian properties of ground water are predetermined by stress relief oscillations (periodical oscillations that do not subside) that are generated under the influence of the Earth rotation forces and the gravitational field disturbances created due to the tidal forces. Artesian nourishment of groundwater in the Lviv region is revealed in the increase in the content of chlorine, fluorine, bromine, iodine, heavy metals ect. In order to protect portable water intakes from the natural chlorides contamination the depth of the water wells should be reduced and the water withdraw should be decreased. Artesian nourishment of groundwater can be enhanced artificially by the procedure of hydraulic fracturing applied in the shale technology. The negative impact of this technique on the water quality is often concealed and not always proven by the laboratory analysis. Nevertheless, there are a lot of facts that indicate that

this impact on the drinking water quality is one of the most adverse. And, there are the following examples: China (Landzhou city), the USA (Michigan), where the pollution of potable water due to the application oil shale technology is detected.

*Key words:* zones of recharge, porous collector, fractured collector, groundwater water, faults.