

## ОЦІНКА СТАНУ ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ У БАСЕЙНІ Р. РОГАНКА ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Д. В. Дядін, Т. В. Дмитренко, В. В. Яковлєв, Ю. І. Вергелєс

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
вул. Маршала Бажанова 17, м. Харків, 61002, Україна. Emails: dmdyadin@gmail.com

У статті наводяться результати дослідження якості води природних джерел у сільській місцевості на прикладі передмістя Харкова – у басейні р. Роганка. Розглянуті гідрогеологічні умови формування джерельних вод. Вперше виявлені гідрохімічні закономірності джерельних вод у басейні р. Роганка, зокрема, зафіксована помітна відносна роль сульфатів і натрію на фоні домінування гідрокарбонатів і кальцію в іонному складі вод. У територіальному відношенні виявлено тенденції зростання вмісту натрію і хлоридів у джерельних водах вниз за басейном. Встановлено, що у порівнянні з вимогами чинних нормативів вода більшості джерел має задовільну якість і може використовуватися для альтернативного децентралізованого питного водопостачання. Оцінені ресурси джерельних вод і визначена забезпеченість джерельною водою мешканців населених пунктів. Визначено, що в умовах надзвичайних ситуацій ресурси джерельних вод у басейні р. Роганка можуть задовільнити критичну потребу у питній воді не тільки сільського населення, а й мешканців частини міста Харків. Розглянута необхідність встановлення зон санітарної охорони джерел як одного із організаційних заходів для забезпечення високої якості джерельних вод та відповідності вимогам до питної води. Надані рекомендації щодо охорони джерельних вод від забруднення, моніторингу їх якісного складу і перших практичних кроків для виконання цієї роботи.

**Ключові слова:** джерела, підземні води, річка Роганка, водопостачання, забруднення.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РОДНИКОВ В БАСЕЙНЕ Р. РОГАНКА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ИСТОЧНИКОВ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Д. В. Дядин, Т. В. Дмитренко, В. В. Яковлев, Ю. И. Вергелес

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова  
ул. Маршала Бажанова 17, г. Харьков, 61002, Украина. Emails: dmdyadin@gmail.com

В статье приводятся результаты исследования качества воды родников в сельской местности на примере пригорода г. Харьков – в бассейне р. Роганка. Рассмотрены гидрогеологические условия формирования родниковых вод. Впервые выявлены гидрохимические закономерности родниковых вод в бассейне р. Роганка, в частности, зафиксирована заметная относительная роль сульфатов и натрия на фоне доминирования гидрокарбонатов и кальция в ионном составе вод. В территориальном отношении обнаружены тенденции увеличения содержания натрия и хлоридов в родниковых водах вниз по бассейну. Установлено, что по сравнению с требованиями действующих нормативов вода большинства родников имеет удовлетворительное качество и может использоваться для альтернативного децентрализованного питьевого водоснабжения. Оценены ресурсы родниковых вод и определена обеспеченность родниковой водой жителей населенных пунктов. Определено, что в условиях чрезвычайных ситуаций ресурсы родниковых вод в бассейне р. Роганка могут удовлетворить критическую потребность в питьевой воде не только сельского населения, но и жителей части города Харькова. Рассмотрена необходимость установления зон санитарной охраны родников как одного из организационных мероприятий для обеспечения высокого качества родниковых вод и соответствия требованиям к питьевой воде. Даны рекомендации по охране родниковых вод от загрязнения, мониторингу их качественного состава и первым практическим шагам для выполнения этой работы.

**Ключевые слова:** родники, подземные воды, речка Роганка, водоснабжение, загрязнение.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Одним із найважливіших державних завдань є забезпечення населення якісною питною водою. Проблема забезпечення якості питної води в міській та сільській місцевості залишається актуальною для всіх регіонів України, у тому числі, для Харківської області [1]. Значний розвиток урбанізації, концентрація у містах промислових підприємств, транспорту, збільшення обсягів видобутку корисних копалин, розширення масштабів осушувальних і зрошувальних територій, розорювання земель до річкових русел, створення великої кількості сміттєзвалищ зумовили значне, а в окремих регіонах – критичне навантаження на поверхневі і підземні води. Наслідком такого впливу становиться погіршення ста-

ну поверхневих і підземних вод, які є джерелом водопостачання населених пунктів [2–4].

Важливе місце в сучасній структурі питного водопостачання населення міст різних країн посідають джерельні води. Результати досліджень якості джерельних вод та можливості їх використання для альтернативного водопостачання розглянуто в [5–13], але це питання вивчено недостатньо, зокрема для умов для сільської та приміської місцевості. Тому, в якості об'єкту для розробки заходів з екологічно безпечного використання джерельних вод для питного водопостачання населення, у нашому дослідженні обрано джерела у басейні р. Роганка у передмісті м. Харків.

*Метою* дослідження є оцінити умови використання джерельних вод як альтернативного джерела

## Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

водопостачання населення в сільській та приміській місцевості на прикладі долини річки Роганка в Харківській області. Для досягнення мети були поставлені такі завдання: 1) вивчити гідрогеологічні умови формування джерельних вод у долині р. Роганка; 2) провести обстеження наявних джерел і встановити технічний стан каптажу та ступінь їхнього благоустрою; 3) визначити якісні характеристики джерельних вод та відповідність вимогам до питних вод; 4) кількісно оцінити забезпеченість джерельною водою мешканців населених пунктів; 5) скласти рекомендації щодо використання джерел місцевим населенням.

## МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Дослідження джерельних вод здійснювали у березні та вересні 2017 року у періоди відповідно найбільшого та найменшого живлення ґрунтових вод. На місці вимірювали дебіти джерел за допомогою каліброваного контейнеру та секундоміру. Вимірювання фізико-хімічних показників джерельних вод здійснювали портативними приладами Hanna Instruments Combo HI 98130 (температура, питома електропровідність з автоматичною компенсацією температури, водневий показник) та HI 98201 (окисно-відновний потенціал – ОВП). Температура води додатково контролювалася термометром із ціною поділки 0,2°C. Роздільність визначення електропровідності становила 0,01 мС/см, водневого показнику – 0,01 одиниць, ОВП – 1 мВ. Точність вимірювань показників відповідно становила  $\pm 2\%$  для електропровідності,  $\pm 0,05$  одиниць рН та  $\pm 5$  мВ для ОВП. Перед польовими дослідженнями електроди вимірювання електропровідності та рН були відкалібровані за використанням стандартних буферних розчинів (електропровідність – 1413 мкС/см, рН – 4,01 та 6,86).

Лабораторні дослідження проб джерельних вод включали визначення вмісту основних іонів ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) та нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ) за стандартними методиками в атестованій лабораторії. Контроль виконання лабораторного аналізу здійснювали шляхом розрахунку похибки іонного балансу, за результатами якого для всіх проб похибка не перевищувала 2%. Розрахункові показники, що використовувалися для оцінки якості вод, включали мінералізацію води (сума вагових концентрацій всіх розчинених солей, що були визначені у воді) та загальну жорсткість (сума концентрацій кальцію та магнію в еквівалентній формі).

Статистичну обробку даних виконували інструментами MS Excel, побудовання картографічного матеріалу та просторовий аналіз здійснювали геоінформаційними засобами програмного пакету ArcGIS 10.2.2.

У гідрогеологічному відношенні територія басейну р. Роганка належить до Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Зону активного водообміну до глибини 100–120 м складають водоносні горизонти у палеоцен-верхньокрейдових відкладах, бучацьких відкладах еоцену, обухівських відкладах еоцену, межигірських відкладах олігоцену та четвертинних відкладах [14]. Рельєф території горбистий, абсолютні відмітки коливаються

в межах 95 м у тальвегах балок до 200 м на вододілах, схили балок мають середню крутизну, тальвеги частково заболочені [2]. Долини річок Уди та Роганка прорізають четвертинні, неогенові та палеогенові відклади до еоцену [14], створюючи умови для розвантаження обухівського та верхніх горизонтів численними джерелами у підніжжя схилів. У долині Роганки також розкриваються водоносні обухівські відклади, представлені алевритами з прошарками пісковиків, глин та алевролітів, що й обумовлює основне живлення річки. Зони розвантаження підземних вод приурочені переважно до верхньої та середньої частини річкової долини. На багатьох джерелах споруджені каптажі, а їх воду місцеві мешканці використовують для пиття.

На території долини р. Роганка розташовані с. Докучаєвське разом із академістечком Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва, що входять у межі м. Харкова, смт Рогань та сільські населені пункти – Вільхівка, Сороківка, Степанки, Верхня Роганка, Мала Рогань, Коропи, Бісквітне. Загальна кількість населення, що мешкає на території дослідження, становить близько 17 тис. осіб. Водопостачання населених пунктів, розташованих на території досліджень, здійснюється як з підземних, так і поверхневих джерел. Джерелом централізованого водопостачання є водопровід КП «Харківводоканал», який споживає воду із р. Сіверський Донець, та водозабірні артезіанські свердловини, що експлуатують бучацький горизонт на глибині близько 120 м. Більша частина житлової забудови отримує воду децентралізовано – з приватних колодязів, неглибоких свердловин та каптажів джерел. Крім зазначених вище населених пунктів, на прилеглій території розташовані садівничі та городницькі товариства, загальною площею 882,3 га, які користуються приватними свердловинами на своїх ділянках, але також споживають джерельні води.

В результаті польових досліджень у долині р. Роганка ми виявили 18 джерел – природних виходів підземних вод на поверхню землі (рис. 1).

Більшість джерел зосереджена у центральній частині долини між селами Мала Рогань і Рогань в основному руслі Роганки та на її притоках (Дробичський Яр). У ландшафтному відношенні джерела приурочені, як правило, до підніжжя схилів основної річкової долини (частіше до правого борту) та бічних балок. Абсолютні відмітки джерел коливаються від 107 м у середній частині річкової долини до 135 м у її верхів'ях.

Із 18 досліджених джерел 14 достатньо добре каптовані та постійно використовуються місцевим населенням для питних потреб. Каптаж цих джерел, як правило, складається із бетонного колодязя, з якого виведені металеві або пластикові труби для подачі води. Інші 4 джерела мають примітивний каптаж у вигляді поглиблення у землі або бетонного кільця, вкопаного у землю, вода з якого переливається через край або витікає в отвір у стінці колодязя. Згідно геологічної карти території [14], переважна більшість джерел (16 з 18) належать до обухівського водоносного горизонту і лише два

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

джерела (3304, 3325) є виходами води з межигірського горизонту олігоцену (табл. 1).

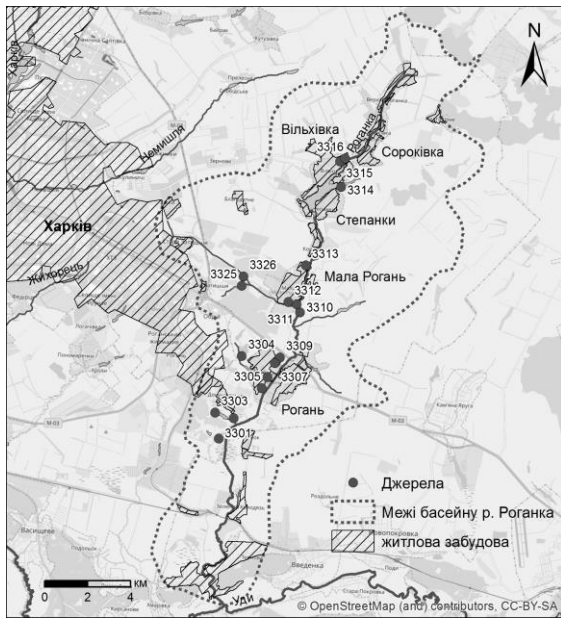


Рисунок 1 – Оглядова карта розташування джерел у долині р. Роганка

Територія розташування деяких із досліджених джерел облаштована як місця для відпочинку, де, зокрема, встановлені сміттєзбірники. Зручний підхід обладнано не для всіх джерел: наприклад, джерела у Дробицькому Яру та нижче с. Докучаївське взимку є недоступними.

Орієнтовна відвідуваність джерел за результатами польових спостережень коливається у широких межах – від 5–40 осіб на годину (джерела у межах с. Рогань) до 2–3 осіб на день (віддалені джерела нижче с. Докучаївське).

Більшість каптованих джерел належить до малодобітних (витрата < 1,0 л/с), але є декілька джерел з високим дебітом (орієнтовно до 20 л/с), які майже не обладнані для водокористування. В трьох джерелах виявлено помітне (від 10 до 40 %) зниження дебіту в осінній період у порівнянні з весняним, тобто виявляється залежність від сезонного живлення атмосферними опадами. У п'яти джерелах дебіт залишався незмінним у ході двох відборів, що може пояснюватися більш глибоким заляганням водоносної товщі та меншим зв'язком із поверхнею землі (рис. 2).

Таблиця 1 – Перелік досліджених джерел та їхні характеристики

№ джерела	Найближчий населений пункт і відстань від джерела до забудови, м	Водоносний горизонт	Координати WGS-84, градуси		Опис каптажу
			Пн. ш.	Сх. д.	
3301	м. Харків, с. Докучаївське, 1500 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,8758	36,4459	Яма з підпірною стінкою з дерев'яних кілочків
3302	м. Харків, с. Докучаївське, 300 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,8843	36,4551	Бетонний колодязь з металевою трубою
3303	м. Харків, с. Докучаївське, 500 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,8864	36,4431	Поглиблення у землі
3304	сmt Рогань, 350 м	Pg <sub>3</sub> mz	49,9102	36,4591	Каптаж відсутній
3305	сmt Рогань, 30 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,8971	36,4725	Бетонний колодязь з пластиковою трубою
3306	сmt Рогань, 20 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9017	36,4761	Бетонний колодязь з металевою трубою
3307	сmt Рогань, 30 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9077	36,4807	Бетонний колодязь з бетонною трубою
3308	сmt Рогань, 70 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9081	36,4813	Бетонний колодязь з металевою трубою
3309	сmt Рогань, 60 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9099	36,4837	Бетонний колодязь з металевою трубою
3310	с. Мала Рогань, 400 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9288	36,4959	Бетонний колодязь з металевою трубою
3311	с. Мала Рогань, 60 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9321	36,4934	Бетонний колодязь з металевою трубою
3312	с. Мала Рогань, 50 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9329	36,4879	Бетонний колодязь з металевою трубою
3313	с. Мала Рогань, 40 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9482	36,4985	Бетонний колодязь
3314	с. Степанки, 80 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9810	36,5197	Бетонний колодязь
3315	с. Вільхівка, 50 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9915	36,5184	Підпірна стінка, металеві труби, два окремих виходи
3316	с. Вільхівка, 50 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9928	36,5217	Поглиблення у землі, канава
3325	м. Харків, с. Затишся, 650 м	Pg <sub>3</sub> mz	49,9390	36,4574	Підпірна стінка, дві пластикові труби
3326	м. Харків, с. Затишся, 800 м	Pg <sub>2</sub> ob	49,9429	36,4585	Бетонний колодязь

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

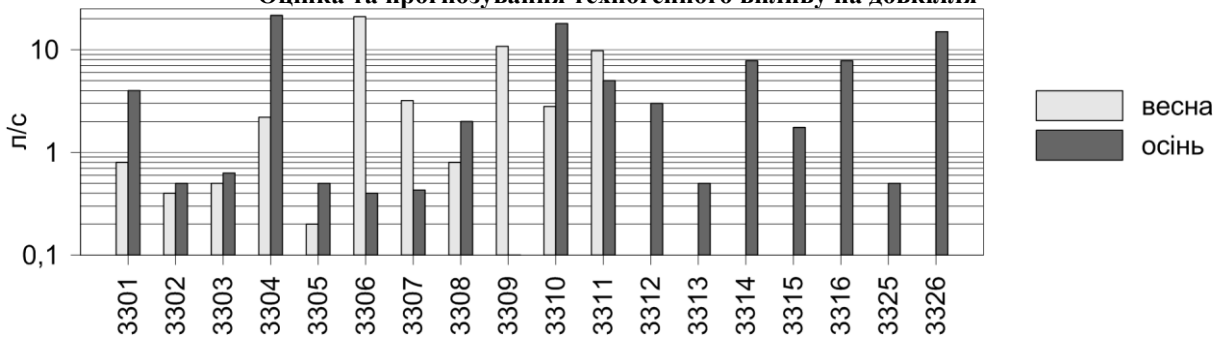


Рисунок 2 – Дебіти джерел долини р. Роганка

За водневим показником джерельні води належать до нейтральних: величина рН становила 7,40–8,15 та неістотно відрізнялася по сезонах. На відміну від рН, температура й окисно-відновний потенціал виявили помітні сезонні відмінності – восени їхні значення майже в усіх джерелах були підвищені (рис. 3).

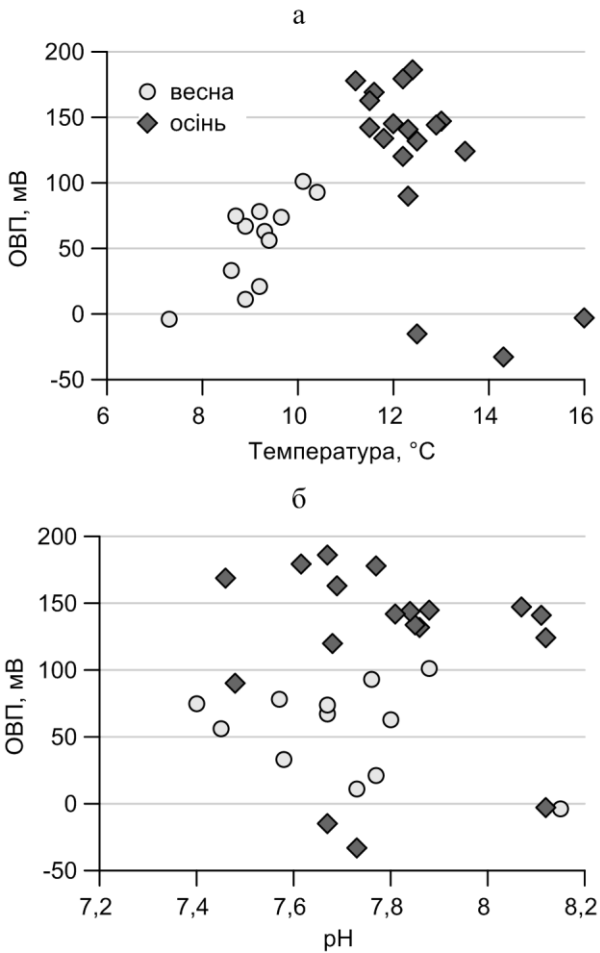


Рисунок 3 – Розподіл значень окисно-відновного потенціалу по відношенню до температури води (а) та водневого показника (б) джерельних вод

Питома електропровідність підземних вод варіювала по джерелах від 860 до 1820 мкС/см, але практично не змінювалася по сезонам у кожному джерелі. Із мінералізацією води вона очікувано виявила майже пряму залежність (рис. 4) із середнім співвідношенням  $M$  (мг/дм<sup>3</sup>) /  $EC$  (мкС/см) = 0,77.

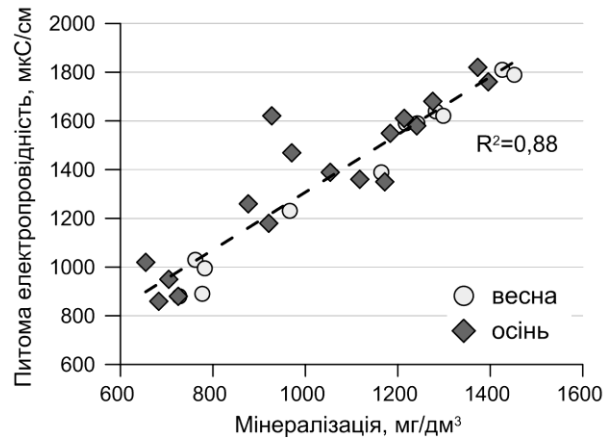


Рисунок 4 – Залежність питомої електропровідності від мінералізації джерельних вод

За хімічним складом досліджені джерельні води у долині р. Роганка характеризуються домінуванням вмісту гідрокарбонатів і сульфатів в аніонній частині та кальцію і натрію в катіонній. При цьому частка гідрокарбонатів і сульфатів серед аніонів у переважній більшості проб є майже однаковою (40–50 %-екв.), те ж саме спостерігається і для кальцію з натрієм серед катіонів. Вміст іонів магнію в усіх пробах не перевищував 20 %-екв., так само як і вміст хлоридів (рис. 5).

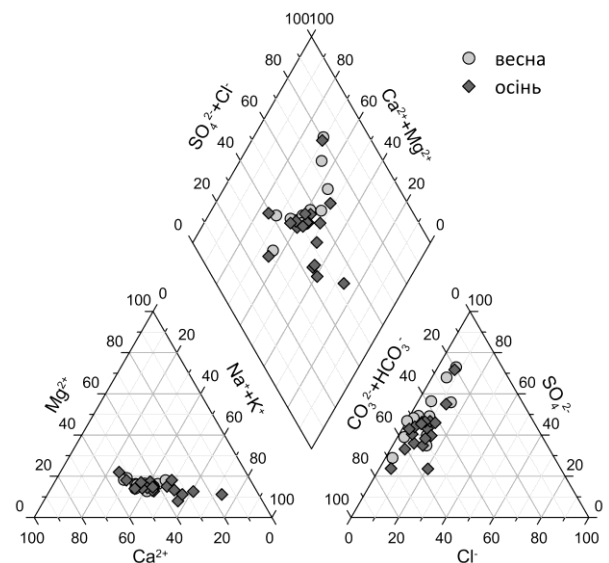


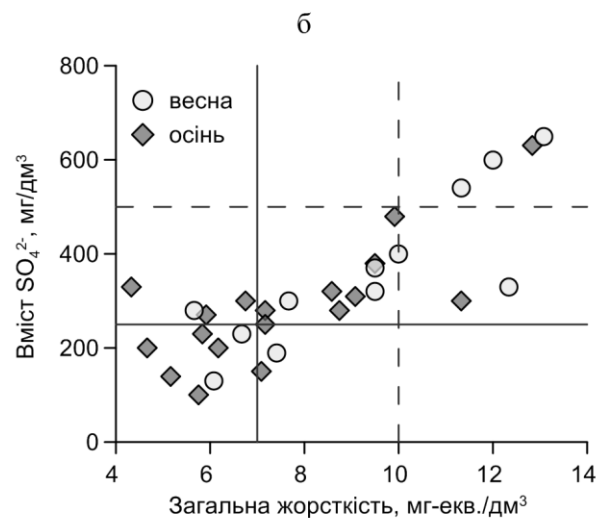
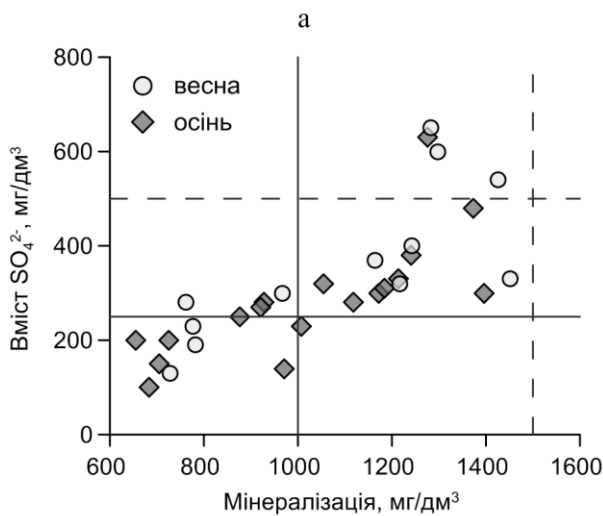
Рисунок 5 – Діаграма Пайпера хімічного складу джерельних вод (%-екв.)

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

Вміст сульфат-іону коливався по джерелах від 130 до 650 мг/дм<sup>3</sup>, але переважна більшість проб показали значення, нижчі за гранично-допустимі для каптажів джерел – 500 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 6, ліворуч).

Мінералізація джерельних вод в усіх пробах не перевищувала 1500 мг/дм<sup>3</sup>, що є граничним значенням, встановленим для питних вод каптажів джерел. Але більшість проб (17 із 30) характеризувалися мінералізацією 1000–1450 мг/дм<sup>3</sup>, що переводить ці води до категорії слабо солонуватих із перевищенням рекомендованої межі для водопровідних вод.

Більшість досліджених проб має загальну жорсткість менше 10 мг-екв./дм<sup>3</sup>, ця порогова величина перевищена лише у 6 пробах із 30 (рис. 6, праворуч). Однак, 19 із 30 проб мають жорсткість більше 7 мг-екв./дм<sup>3</sup>, тобто вода належить до категорії жорсткої та створює накип у побутових приладах під час кип'ятіння.



Гранично-допустимі значення (ДержСанПіН 2.2.4.171-10):  
 - - для каптажів джерел  
 — для водопровідної води

Рисунок 6 – Величини вмісту сульфатів, мінералізації та загальної жорсткості води

Звертають на себе увагу ознаки залежності між вмістом сульфатів і загальною жорсткістю води (сумою концентрацій іонів кальцію і магнію в мг-еквівалентній формі) (див. рис. 6, праворуч). Коефіцієнт кореляції пар сульфати-кальцій та сульфати-магній становить 0,86 і 0,83 відповідно.

Вміст нітратів у складі джерельних вод різко і незакономірно коливався – від 0,5 до 69 мг/дм<sup>3</sup>, не виявляючи певних сезонних залежностей. Перевищення ГДК для питних вод (50 мг/дм<sup>3</sup>) зафіксовані лише в двох пробах, але в більшості проб (70 %) вміст нітратів був вищим за фонові концентрації (3,0 мг/дм<sup>3</sup>), встановлені для регіону [5]. Прослідковується нечітка закономірність зменшення вмісту нітратів у воді по мірі віддаленості джерела від житлової забудови (рис. 7).

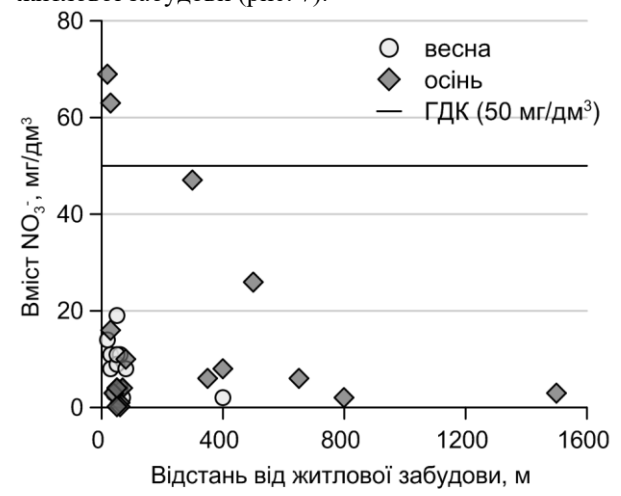


Рисунок 7 – Вміст нітратів у складі джерельних вод

Отримані результати щодо фізико-хімічних властивостей джерельних вод та їхнього хімічного складу дозволяють виявити певні закономірності, як природного, так і антропогенного характеру. Серед фізико-хімічних показників найпомітнішими сезонними змінами характеризуються температура води та окисно-відновний потенціал. Оскільки важливою характеристикою підземних вод є відносно стабільна температура протягом року, ми пов'язуємо такі зміни із впливом каптажних споруд. Можна припустити, що у накопичувальних каптажних колодязях джерельна вода у теплу пору року встигає нагрітися на 1–2 градуси, а також, очевидно, збагачується вільним киснем, який надходить з атмосферними водами і зміщує окисно-відновний потенціал у бік окисних умов.

У хімічному складі досліджених джерельних вод також звертає на себе увагу помітна роль сульфатів і натрію на фоні домінування гідрокарбонатів і кальцію. За вмістом сульфатів дві третини проб перебували в діапазоні вище 250 мг/дм<sup>3</sup> – межі, яка встановлена для джерел централізованого водопостачання [15] і впливає на органолептичні якості води [16]. Чотири проби із 30 показали перевищення ГДК для каптажів джерел у 500 мг/дм<sup>3</sup> [15]. За вмістом натрію практично всі проби мали значення, нижчі за встановлену ГДК у 200 мг/дм<sup>3</sup>, але у більшості проб роль натрію в катіонному складі висока

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

– 30–50 %-екв. Надходження натрію у підвищеній кількості до складу підземних вод, очевидно, пов'язане з його вилугованням із еоценових алевроїтів та пісковиків морського генезису, в яких цей елемент присутній у мінеральному складі: у процесі природного водообміну на суходолі відбувається катіонний обмін натрію породи на кальцій інфільтрогенних вод.

У територіальному відношенні виявлено цікаву тенденцію зростання вмісту натрію у складі джерельних вод по мірі розташування вниз за течією по долині Роганки. Схожу, але менш чітку тенденцію виявляє також хлорид-іон (рис. 8).

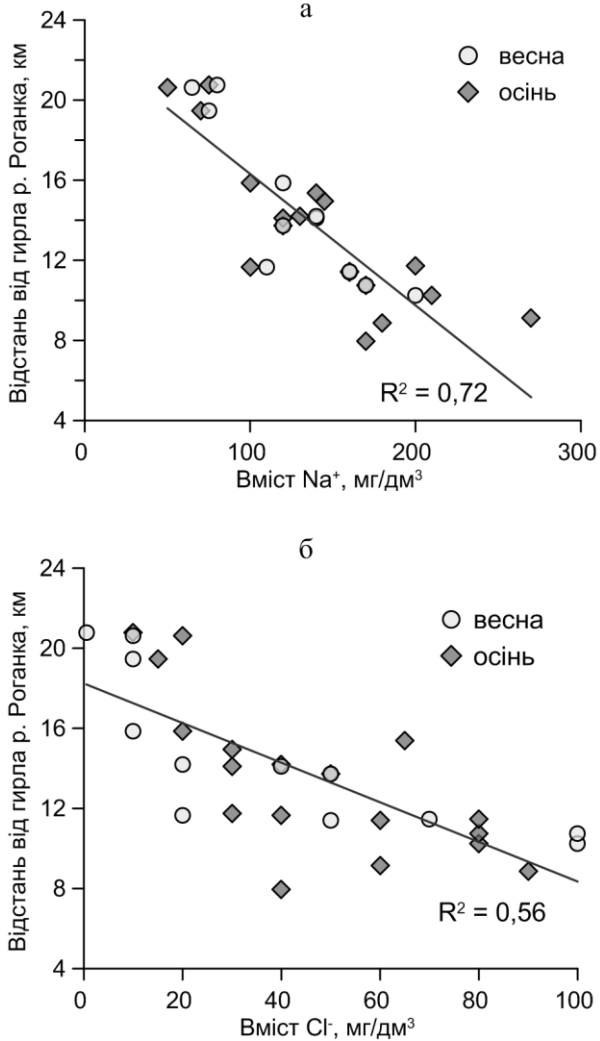


Рисунок 8 – Розподіл вмісту натрій-іону (а) та хлорид-іону (б) у джерельних водах за басейном

Виявлена тенденція збільшення концентрацій натрію може бути пов'язана з регіональними площинними змінами у фаціальному літологічному складі водовмісних порід – еоценових алевроїтів та пісковиків. Це підтверджують літолого-фаціальні карти території – у верхів'ях долини Роганки розвинуті зони вторинних змін (озалізнення) у мінеральному складі алевроїтів обухівської світи та пісків межигірської світи [14], що може знижувати інтенсивність процесів іонного обміну натрію та кальцію. Крім того, у даному випадку вірогідним є накладання на природні процеси ку-

мулятивного техногенного впливу, який збільшується по мірі просування вниз за басейном. Привнесення натрію та хлоридів може відбуватися зі стічними водами на території населених пунктів, що інфільтруються із неізольованих вигрібних ям. Можливим є також потрапляння цих речовин із інших джерел забруднення – залишків мінеральних добрив на орних землях, місць несанкціонованого складування побутових відходів. На користь цього свідчить і помітна кореляція вмісту хлоридів і натрію між собою ( $r = +0,71$ ).

Вміст сульфатів у досліджених джерельних водах виявляє достатньо чітку залежність із величиною загальною жорсткості, що може бути ознакою їхнього спільного надходження до підземних вод. Коефіцієнти кореляції Пірсона становлять 0,77 для пари сульфати–кальцій та 0,81 для пари сульфати–магній. Ми припускаємо, що основним джерелом цих речовин є загіпсовані покривні суглинки четвертинного віку, розвинуті на вододільних ділянках у межах області водозбору. Але, знов таки, їхнє надходження до підземних вод може бути зумовлено комплексом техногенних чинників – потрапляння господарсько-побутових стоків або виносу мінеральних добрив із сільськогосподарських земель. Підвищений вміст сульфатів у джерельних водах відбувається і на складі води р. Роганка, яка ними живиться. За результатами наших попередніх досліджень [17] встановлено, що при загальній мінералізації в  $1010 \pm 100$  мг/дм<sup>3</sup> вміст сульфатів у річковій воді становить  $260 \pm 60$  мг/дм<sup>3</sup>, коливаючись протягом року у залежності від кількості атмосферних опадів.

Підвищений відносно фону вміст нітрат-іону, який виявлено в більшості проб (21 із 30), також свідчить про наявне господарсько-побутове забруднення підземних вод. Можна припустити, що на всій дослідженій території існують джерела забруднення підземних вод сполуками азоту через інфільтрацію господарсько-побутових стоків із вигрібних ям, відходів життєдіяльності тварин, використання органічних і неорганічних добрив на полях. Особливе занепокоєння викликає те, що найвищі концентрації нітрат-іону ( $63\text{--}69$  мг/дм<sup>3</sup>), які перевищують ГДК для питних вод ( $50$  мг/дм<sup>3</sup>), виявлені у двох джерелах у с. Рогань (3305, 3306), які у світлий час доби мають відвідуваність не менше 5–6 осіб на годину. Розташування цих джерел у безпосередній близькості від житлової забудови з одного боку створює зручність для користування, а з іншого – підвищує ризики забруднення підземних вод.

Внаслідок відсутності офіційних статистичних даних щодо кількості та розподілу водоспоживачів, важко оцінити дійсну частку використання джерельних вод у загальному водоспоживанні території досліджень. Тим не менше, польові обстеження та спілкування з місцевим населенням показали, що популярність досліджених джерел є достатньо високою. Ними користуються не тільки мешканці з децентралізованими джерелами водопостачання, але й ті, що підключені до водопроводу КП «Харківводоканал», оскільки смакові якості хлорованої водопровідної води залишають бажати кращого.

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

Найбільш відвідуваним є джерелом поблизу картонної фабрики на північно-східній околиці с. Рогань (3308) – близько 40 осіб на годину. Решта джерел, розташованих у межах або на околицях населених пунктів, мають помітно менші показники – 5–10 осіб на годину. Віддалені від населених пунктів джерела мають сезонну відвідуваність – взимку вони переважно недоступні, а пік активного користування припадає на теплу пору року, коли тривають роботи на присадибних ділянках, розташованих на прилеглий території.

Сумарний дебіт джерельних вод на дослідженій території становить 83 л/с, з яких близько 16 л/с (близько 20 %) виливається з добре каптованих джерел. Якщо не враховувати приїжджих, загальна кількість потенційних місцевих споживачів джерельних вод становить 17 тис. осіб (кількість мешканців населених пунктів на території розташування джерел). Розрахункова забезпеченість джерельною водою місцевих мешканців таким чином становить 422 л/добу на особу сумарно для всіх джерел, і 81 л/добу на особу для добре каптованих джерел. Обидві величини багаторазово перекривають потреби наявного населення у питній воді, якщо виходити із загальноприйнятих норм у 3 л/добу на особу для пиття і приготування їжі.

Для забезпечення високої якості джерельних вод та відповідності вимогам до питної води необхідне впровадження організаційних заходів з недопущення забруднення підземних вод у зонах живлення джерел. Це реалізується шляхом призначення зон санітарної охорони (ЗСО), що встановлюється у відповідних нормативних документах, чинних в Україні [18]. Згідно цих документів ЗСО створюються на всіх господарсько-питних водопроводах незалежно від їх підпорядкованості або типу джерела водопостачання. Беручи до уваги досить високу якість джерельних вод, їхню захищеність від забруднення та популярність у споживачів, каптажі джерел можна прирівнювати до централізованих джерел водопостачання, принаймні у питаннях санітарної охорони. Тому, ми вважаємо, що необхідно запроєктувати та облаштувати ЗСО принаймні на найбільш відвідуваних джерелах (3305, 3306, 3307, 3311, 3315, 3316) та впровадити відповідний санітарний режим для охорони підземних вод від забруднення у зонах живлення джерел.

**ВИСНОВКИ.**

На території Харківської області джерельні води є цінним ресурсом, який у більшості випадків за якісними та кількісними характеристиками здатний забезпечити потреби місцевого населення у питній воді, що показано на прикладі території долини р. Роганка у передмістях Харкова.

Дослідження хімічного складу підземних вод із 20 джерел виявили певні гідрохімічні закономірності – підвищену роль сульфатів і натрію в іонному складі, високу кореляцію вмісту сульфатів із загальною жорсткістю води, що обумовлено, переважно, регіональними літологічними особливостями зони аерації та водовмісних порід. Виявлено територіальну тенденцію зростання вмісту натрію у джерельних водах вниз за течією басейну

р. Роганка, яка пов'язана, на нашу думку, також із літолого-фаціальними змінами у складі порід за площею. Але не виключено, що на природні процеси у даному випадку накладається кумулятивний техногенний вплив від витоків господарсько-побутових стоків із неканалізованої житлової забудови та виносу залишків мінеральних добрив із прилеглих сільськогосподарських угідь.

Не дивлячись на окремі невідповідності нормам, якість джерельних вод району можна вважати задовільною, як для альтернативних джерел питного водопостачання. Тим не менше, для гарантування безпеки водоспоживачів очевидно є необхідність моніторингу якості джерельних вод із періодичністю принаймні двічі на рік. Особливої уваги при цьому необхідно приділяти показникам, пов'язаним з господарсько-побутовим і сільськогосподарським забрудненням (амоній, нітрити, нітрати, патогенні бактерії, нафтопродукти, пестициди), адже в зонах живлення джерел розташовані орні угіддя і житлова забудова з відсутнім централізованим водовідведенням.

Розрахунки показали, що за своїм дебітом досліджені джерела здатні з великим запасом забезпечити потреби місцевих мешканців у питній воді, звичайно, у разі відповідності якості джерельної води чинним нормативним вимогам. Ресурси джерельних вод у басейні р. Роганка також можуть забезпечити критичну потребу у питній воді в умовах надзвичайних ситуацій не тільки для сільського населення, а й міста Харків. Для цього джерела з найбільш якісною водою і відносно більшим дебітом потребують облаштування під'їздів із твердим покриттям. Цьому повинно передувати систематичне вивчення якісного складу джерел за розширеним переліком показників і фахова оцінка експлуатаційних запасів джерельних вод.

У підсумку можна заключити, що джерела на дослідженій території несуть значний потенціал для забезпечення населення питною водою задовільної якості і – як альтернативні і запасні джерела – потребують постійного контролю якості води та заходів з охорони підземних вод від забруднення. Найбільш ефективним інструментом для цього є організація зон санітарної охорони у межах зон живлення джерел та дотримання відповідного охоронного режиму в їхніх межах. Першим практичним кроком до цього є паспортизація і передача їх на баланс сільських рад.

**ПОДЯКИ.**

Дослідження виконано у рамках державної бюджетної науково-дослідної теми МОН України № 53-71/18 «Підвищення безпеки питного водопостачання населення Східної України в умовах надзвичайних ситуацій шляхом використання джерельних вод». Автори висловлюють подяку магістранту Зайцевій А. Ю. за допомогу у відбиранні проб та польових дослідженнях.

## Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

## ЛІТЕРАТУРА

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2017 році. URL: <http://kharkivoda.gov.ua/>
2. Крайнюков О. Вплив забруднення питної води на стан здоров'я населення Харківської області. Часопис соціальної географії. 2013. Вип. 14(1). С. 103–108.
3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2016 році. Київ: Мінрегіонбуд, 2017. 407 с.
4. Виставна Ю. Ю., Вергелес Ю.І., Яковлев В. В., Дядін Д. В., Чистикова А. В., Жидких І. О. Дослідження нітратного забруднення гідросфери у трансграничному районі басейну Сіверського Донця. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. Вип. 6/10 (72). С. 20–27.
5. Яковлев В. В. Джерельні води Харківської області як джерело питного водопостачання. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2014. № 1098. Вип. 40. С. 63–72.
6. Чистикова А. В., Жидких І. О., Виставная Ю. Ю. Оценка потенциала водных ресурсов Харьковского региона. *Регион 2014: Стратегия оптимального развития*, ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2014. С. 318–321.
7. Прибилова В. М. Підземні водні ресурси Харківської області та стратегія їх використання для водопостачання населення. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*, 2015. №1157, вип. 42. С. 37–44.
8. Чистикова А. В., Виставная Ю. Ю., Яковлев В. В., Мацюк С. А., Горшкова Е. А. К вопросу качества воды родников, формирующихся в городской экосистеме Харькова. *Науковий вісник будівництва*. 2015. №2 (80). С. 190–196.
9. Кравченко Н. Б., Зеленська Е. І. Порівняльна оцінка якості питної води з закритих джерел м. Харкова. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. №3–4. С. 84–88.
10. Яковлев В. В. Гідрогеологічне і техніко-економічне обґрунтування організації бювету джерельних вод на прикладі джерела Суха Балка. *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. 2015. Вип. 9. С. 57–66.
11. Ричак Н. Л., Чепурна А. О. Склад та якість питної води різних джерел водопостачання (на прикладі Дзержинського району міста Харкова). *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Вип. 6/2012 (77). С. 112–117.
12. Szczucin'ska A. Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environ Earth Sci*. 2016. Vol. (75):712.
13. Siwek J., Pociask-Karteczka J. Springs in South-Central Poland: changes and threats. *Institute of Geography and Spatial Management*. Jagiellonian University, 2017. Vol. 40(1). P. 38–46.
14. Державна геологічна карта України. Масштаб 1: 200 000. Серія: Дніпровсько-Донецька. Аркуш: М-37-ХІХ (Харків): пояснюв. записка. – Київ: Мінприроди України, КП «Південукргеологія», 2007. – 171 с.
15. Державні санітарні правила і норми України 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 12.05.2010 р. №400. Дата оновлення: 19.09.2011. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>. (дата звернення: 12.11.2018)
16. Guidelines for Drinking Water Quality: 4-th edition. WHO, 2011. 564 p.
17. Diadin D., Celle-Jeanton H., Steinmann M., Loup C., Crini N., Vystavna Y., Vergeles Y., Huneau F. Distribution of persistent organic pollutants and trace metals in surface waters in the Seversky Donets River basin (Eastern Ukraine). *European Geosciences Union General Assembly 2017: proceedings* (Vienna, 23–28 April 2017). Vienna, Austria, 2017.
18. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів: постанова Каб. Міністрів України від 18.12.1998 р. №2024. Дата оновлення: 19.06.2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-п> (дата звернення: 12.11.2018).

## THE ASSESSMENT OF THE STATE OF GROUNDWATER SPRINGS IN THE BASIN OF RIVER ROHANKA, KHARKIV REGION, AS ALTERNATIVE DECENTRALISED WATER SUPPLY SOURCES

D. Diadin, T. Dmytrenko, V. Yakovlev, Yu. Vergeles

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

vul. Marshala Bazhanova, 17, Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: [dmdyadin@gmail.com](mailto:dmdyadin@gmail.com)

**Purpose.** The study aimed at the assessment of conditions of spring groundwater to use as an alternative water supply source in rural and suburban areas, following an example of the river Rohanka's valley, the Kharkiv region. **Aims.** To achieve the purpose, we performed the following tasks: 1) studying the hydrogeological conditions of groundwater formation in the Rohanka's valley; 2) survey of existing groundwater springs; 3) identifying groundwater quality and assessing its compliance with the drinking water quality standards; 4) quantitative evaluation of accessible groundwater spring resources that can be used by local people at emergency situations; 5) development of recommendations to secure groundwater quantity and quality. **Methodology.** Field survey of groundwater springs in March and September 2017, i.e. in the highest and lowest groundwater feeding seasons. Field express analyses of some groundwater physical-chemical parameters and standard laboratory analyses of major ion contents. **Results.** We found totally 18 groundwater springs in the Rohanka valley, with total debit at 83 l/s, ca. 20% of which are provided with a proper captation. By chemical composition the surveyed groundwater is of a hydrocarbonate-sulphate and calcium-sodium type. We found that at the most of springs water quality complies with the drinking water quality requirements, in particular, pH ranges between 7,40–8,15; TDS contents did not exceed 1500 mg/dm<sup>3</sup>, total water hardness was less than 10 mg-eq./dm<sup>3</sup>,



Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

however 19 of 30 samples featured rather high hardness ( $> 7 \text{ mg-eq./dm}^3$ ). Concerning the nitrates content, it showed greater irregular fluctuation from 0,5 to  $69 \text{ mg/dm}^3$ . The maximum permitted levels were exceeded in 2 of 30 samples only, but in the most of samples the nitrate contents were significantly higher than the regional background concentration ( $3,0 \text{ mg/dm}^3$ ). Thus, groundwater springs in the river Rohanka's valley can be used for drinking purposes by local people. We estimated total specific water supply from all sources at 422 l per day per person. **Conclusions.** We concluded that at the emergency conditions the given groundwater sources can provide for critical drinking water demand not only for local rural population but for inhabitants of a part of nearby megapolis of Kharkiv. We recommended to establish sanitary protection zones around surveyed groundwater springs in order to secure high water quality and protection from non-point source pollution, along with regular groundwater quality monitoring. Particular attention should be paid to such water quality indices as ammonium, nitrites, nitrates, faecal coli-forms, oil products, and pesticides since those relate to urban and agricultural pollution of groundwater.

References 18, tables 1, figures 8.

**Key words:** springs, groundwater, river Rohanka, water supply, pollution.

REFERENCES

1. *Dopovid' pro stan navkolysnogo pryrodnoho seredovshcha v Kharkivs'iy oblasti u 2017 rotsi* [The State of the Environment in Kharkiv region in 2017: A Regional Report]. – Accessed at: <http://kharkivoda.gov.ua/>, Ukraine.
2. Krajnyukov, O. (2006), *Vplyv zabrudnennya pytnoi vody na stan zdorov'ya naselennya Kharkivskoyi oblasti* [Impact of drinking water pollution on health of population in Kharkiv oblast], *Chasopys sotsial'noyi geografii* [Social Geography Journal], no 14(1), pp. 103–108, Ukraine.
3. Ministry of Construction, Housing and Regional Development of Ukraine (2017), *Natsional'na dopovid' pro yakist' pytnoi vody ta stan pytogo vodopostachannia v Ukrayini u 2016 rotsi* [National Report on the Drinking Water Quality and the State of Drinking Water Supply in Ukraine in 2016], Kyiv, 407 p.
4. Vystavna, Yu.Yu., Vergeles, Yu.I., Yakovlev, V.V., Diadin, D.V., Chystykova, A.V., Zhydykh, I.O. (2014), *Doslidzhennia nitratnogo zabrudnennia hidrosfery u transgranychnomu rayoni baseynu Sivers'kogo Dontsia* [Studying nitrate contamination of aquatic environment in a transboundary area of the Siverski Donets basin], *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [East-European Journal of Advanced Technologies], no. 6/10 (72), pp. 20–27, Ukraine.
5. Yakovlev, V. V. (2014), *Dzherel'ni vody Kharkivs'koyi oblasti yak dzherelo pytogo vodopostachannia* [Groundwater springs in the Kharkiv region as a source for drinking water supply], *Visnyk Kharkivs'kogo natsional'nogo universytetu imeni V.N. Karazina* [Scientific Bulletin of the V.N. Karazin National University of Kharkiv], no. 1098, iss. 40, pp. 63–72, Ukraine.
6. Chystykova, A. V., Zhydykh, I. O., Vystavnaya, Yu. Yu. (2014), *Otsenka potentsiala vodnykh resursov Khar'kovskogo regiona* [Assessment of water resources potential in Kharkiv region], *Region 2014: Strategiya optimal'nogo rozvytku* [Region 2014: Strategy of Optimal Development], V. N. Karazin Kharkiv National University, pp. 318–321, Ukraine.
7. Prybylova, V. M. (2015), *Pidzemni vodni resursy Kharkivskoyi oblasti ta strategiya jih vykorustannya* [Groundwater resources of Kharkiv region and strategy of their utilization], *Visnyk Kharkivs'kogo natsional'nogo universytetu imeni V.N. Karazina* [Scientific Bulletin of the V.N. Karazin National University of Kharkiv], no 1157, iss. 42, pp. 37–44, Ukraine.
8. Chystykova, A. V., Vystavnaya, Yu. Yu., Yakovlev, V. V., Matsyuk S. A., Gorshkova E. A. (2015), *K voprosy kachestva vody rodnikov, formiruyushchihsia v gorodskoy ekosistemi Khar'kova* [To the subject of springs water quality formed in urban ecosystem of the Kharkiv city], *Naukovyi visnyk budivnytstva* [Construction Scientific Bulletin], iss. 2(80), pp. 190–196, Ukraine.
9. Kravchenko N. B., Zelenska E. I. (2015), *Porivnyal'na otsinka yakosti pytnoi vody z zakrytykh dzherel mista Kharkova* [Comparing assessment of drinking water quality from closed springs of the Kharkiv city], *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekologii*. [Humans and environment. Problems of neoecology], no 3–4. pp. 84–88, Ukraine.
10. Yakovlev, V.V. (2015), *Hidrogeologichne I tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia organizatsiyi biuvetu dzherel'nykh vod na prykladi dzherela Sukha Balka* [Hydrogeological, technical and economic justification of organizing the groundwater pump room at the Sukha Balka groundwater spring], *Tekhnogenno-ekologichna bezpeka ta tsyvil'nyi zakhyst* [Technogenic and environmental safety and civil defense], iss. 9, pp. 57–66, Ukraine.
11. Rychak, N. L., Chepurna, A. O. (2012) *Sklad ta yakist' pytnoi vody riznykh dzherel vodopostachannya (na prykladi Dzerzhynskogo rajonu mista Kharkova)* [Composition and quality of drinking water from different water supply sources (case of Dzerzhynskiy district of the Kharkiv city)] *Visnyk KrNU imeni Mykhayla Ostrogradskogo* [Scientific Bulletin of the Kremenchug National University named after M. Ostrogradskiy], iss. 6/2012 (77). pp. 112–117.
12. Szczucin'ska A. (2016) Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environ Earth Sci. Vol. (75):712.*
13. Siwek J., Pociask-Karteczka J. (2017) Springs in South-Central Poland: changes and threats. *Institute of Geography and Spatial Management. Jagiellonian University. Vol. 40(1). pp. 38–46.*
14. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (2007), *Derzhavna geologichna karta Ukrayiny* [State geological map of Ukraine, scale 1: 200 000, Dnipro-Donets series, sheet: M-37-XIX (Kharkiv): The legend], Municipal

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

Enterprise 'Pivdenukrgeologiya', Kyiv, 171 p.

15. Ministry of Health of Ukraine (2010), *Derzhavni sanitarni pravyla i normy Ukrainy 2.2.4.171-10 "Higiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoyi dlia spozhyvannia lyudynoyu"* [State sanitary regulations and norms of Ukraine 2.2.4.171-10 "Hygienic requirements to drinking water intended for human consumption"], Order of 12.05.2010, No. 400. Last updated: 19.09.2011. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.

16. WHO (2011), *Guidelines for Drinking Water Quality*: 4-th edition, 564 p.

17. Diadin, D., Celle-Jeanton, H., Steinmann, M., Loup, C., Crini, N., Vystavna, Y., Vergeles, Y.,

Huneau, F. (2017), Distribution of persistent organic pollutants and trace metals in surface waters in the Seversky Donets River basin (Eastern Ukraine). European Geosciences Union General Assembly 2017: proceedings (Vienna, 23–28 April 2017). Vienna, Austria.

18. Cabinet of Ministers of Ukraine (1998), *Pro pravovyi rezhym zon sanitarnoyi okhorony vodnykh ob'ektiv* [On the legal regime of sanitary protection zones of water bodies], Decree of 18.12.1998, No. 2024. Last updated: 19.06.2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-п>