

Пічура В. І., Скок С. В.

УДК 502.51(282.03):5563:628.19

**ВПЛИВ УРБОСИСТЕМ НА ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ТА ГІДРОХІМІЧНІ
УМОВИ ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ****В. І. ПІЧУРА**, доктор сільськогосподарських наук, доцент**С. В. СКОК**, кандидат сільськогосподарських наук*Херсонський державний аграрний університет*

E-mail: pichuravitalii@gmail.com, skok_sv@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.06.001>

***Анотація.** Підземні води є цінними ресурсами, які використовуються для забезпечення населення питною водою. Не дивлячись на природну захищеність від впливу зовнішніх факторів та незалежність загального обсягу вод від сезонних змін клімату, вони зазнають інтенсивного антропогенного пресингу, що призводить до порушення гідрогеологічного та гідрохімічного їх режиму. Формування якісного складу підземних вод на території урбосисеми м. Херсон залежить від геологічної будови, умов циркуляції вод у зоні активного водообміну, коефіцієнту природної їх захищеності. Дослідження питної води на території урбосистеми м. Херсона проведено за 400 пробами із 7 тестових полігонів та фрагментарний контроль 56 проб води із приватних свердловин на території 4 тест-полігонів у період 2011–2017 рр. Встановлено, що найменш захищеними від негативного антропогенного впливу є ґрунтові води ($\kappa=1,0$) та міжпластові безнапірні води ($\kappa=1,3$), а найбільш захищеними – є артезіанські води ($\kappa=1,6$). Встановлено, що на забруднення водоносних горизонтів впливають промислові об'єкти, несанкціоновані звалища твердих відходів, склади пального, отрутохімікатів та мінеральних добрив, довготривалий понаднормативний водовідбір із свердловин розміщених на територіях зі швидкою фільтрацією та міграцією речовин у замкнених місцях понижень рельєфу. Незахищені поверхневі водоносні горизонти забруднюються стоками вигрібних ям, внаслідок чого бактеріологічні показники у воді приватних криниць перевищували гранично допустиму концентрацію (ГДК) політантів у 1,4 рази. Антропогенний пресинг урбосистеми м. Херсон на водоносні шари підземних вод та довготривала експлуатація артезіанських свердловин призвели до порушення рівнів підземних вод та зниження їх якості. Встановлено, що вода приватних свердловин м. Херсон характеризувалася неякісною водою з відхиленням від нормативів за органолептичними показниками через фекальне забруднення цих джерел. Для зменшення негативного антропогенного впливу на стан підземних вод запропоновані заходи раціонального їх використання з урахуванням законодавчих норм, регулювання режиму водоносних горизонтів та пошуку нових джерел водопостачання за межами урбосистеми.*

Пічура В. І., Скок С. В.

Ключові слова: підземні води, водоносний горизонт, якість води, урбосистема, тест-полігон, артезіанська свердловина

Актуальність. Розвиток людської цивілізації, пов'язаний із інтенсифікацією промисловості, аграрного виробництва, посиленням урбанізаційних процесів призводить до зростання антропогенного навантаження на складові навколишнього природного середовища. Особливе занепокоєння викликають урбанізовані території, де спостерігається найбільша концентрація транспорту, промислового виробництва, щільність забудов, утворення токсичних відходів, які порушують екологічну рівновагу урбосистем, призводять до зміни гідрохімічних та гідрологічних умов підземних вод. В умовах посиленої урбанізації визначальними факторами у формуванні їх якості є природні фактори, які також піддаються антропогенному впливу. Тому зважаючи на глобальну проблему забруднення питної води, зростання міського населення на 60% до 2025 року [1], дослідження впливу урбосистем на підземні води є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У працях вітчизняних та зарубіжних науковців недостатньо розкрито питання впливу процесів урбанізації на стан урбосистеми

великих міст. Питання зміни якісного стану атмосферного повітря, ґрунтів, рослинного та тваринного світу в міській системі представлено у наукових працях В. О. Мариненка [2], В. М. Шевчука [3], Л. Г. Мельника [4], М. О. Клименка [5], В. О. Кучерявого [6], Ф. Стольберга [7], О. Н. Тетіора [8], Lin Shoufu [9]. За твердженням В. Матвеевої [10], основні екологічні проблеми міста виникають, внаслідок негативного впливу міського способу життя на навколишнє природне середовище. Недостатня увага приділена дослідженню екологічного стану водних об'єктів, які розташовані на урбанізованих територіях. Адже відомо, що внаслідок швидкої урбанізації використовуються великі обсяги води, змінюються умови функціонування природних ландшафтів, порушується природна рівновага, знижується якість водних ресурсів [11–14]. Теоретичні та методичні засади дослідження зміни рівня підземних вод урбосистем представлені у роботах Є. С. Дзекцера [15], Ю. О. Зезофера [16], І. В. Зеленіна [17]. А. Н. Крайнюковою [18] встановлено, що найбільший негативний вплив урбанізація має на джерела підземних вод, які у загальному балансі

Пічура В. І., Скок С. В.

водоспоживання складають 15 % [19]. Це обумовлює необхідність детального оцінювання впливу різнофункціональних позиційно-динамічних урбосистем на гедрологічні і гідрохімічний режим підземних вод.

Мета статті. Встановити закономірності впливу урбосистем на гедрологічні та гідрохімічні умови

водоносних горизонтів, на прикладі міста Херсон.

Матеріали та методи досліджень. У період 2011–2017 рр. на території урбосистеми м. Херсона проведено дослідження питної води за 400 пробами із 7 тестових полігонів (рис. 1) та фрагментарний контроль 56 проб води із приватних свердловин на території 4 тест-полігонів.

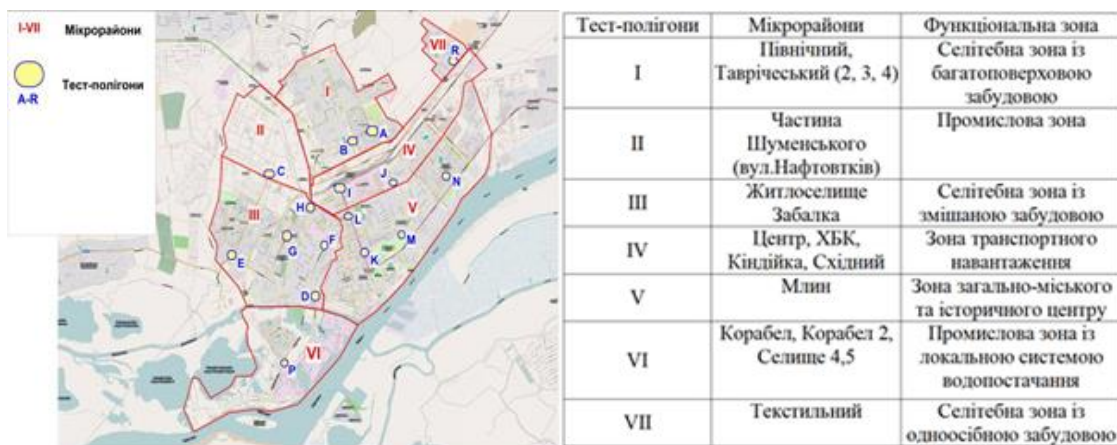


Рис.1 Точки відбору проб води по районах м. Херсон

Якість питної води визначалася за 24 гідрохімічними показниками відповідно до ДСТУ 7525:2014. «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» (2014 р.) [20] та державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (2010 р.) [21].

Відбір зразків підземних вод здійснено на стаціонарах тест-полігонів розміщених на території міста відмінними за рельєфними особливостями, гідрологічним режимом підземних пластів, рівнем

деструкції території, глибини розташування свердловин.

Результати досліджень та їх обговорення. Основним джерелом водопостачання м. Херсона є підземні води із загальним обсягом видобутку 50-55 тис. м³. Їх експлуатація здійснюється водозабірними свердловинами із неогенового шару, до якого входить понтично-меотичний (8,0-41,2 м) і сарматський яруси (23-75,2 м). Підземні води залягають на глибинах 60-80 метрів, що зумовлено географічним положенням урбосистеми м. Херсона у зоні недостатнього зволоження,

Пічура В. І., Скок С. В.

перевищенням витрат води над їх поповненням.

Води неогенових відкладів у межах міста є головним джерелом централізованого водопостачання, що забезпечує потреби населення і промисловості. Найбільш обводнені сарматські, понтичні та меотичні відклади, які утворюють єдину товщу водопроникних порід на окремих ділянках розділені непроникними шарами [19]. Водонесними у понтичних відкладах є вапняки, рідше – прошарки пісків.

У північно-східній частині міста, в районі «Херсонського поду», водонесні горизонти частково перекриті глинистим шаром з відносними водоупорними властивостями, під якими знаходиться понт-меотіс-середньосарматський водонесний комплекс. На рівні понтичних відкладів водонесний горизонт набуває напірних властивостей. П'єзометричні рівні встановлюються на глибинах 25–35 м. Якість вод характеризується загальною мінералізацією 0,3–1,2 г/дм³, твердістю 3–8 мг.екв, дебіти свердловин у межах міста змінюються від 0,13 до 49,2 л/с. Живлення водонесного горизонту відбувається, шляхом підтоку вод із нижніх водонесних горизонтів, у місцях виходу понтичних відкладів на

поверхню – за рахунок інфільтрації атмосферних опадів [19].

Водонесний горизонт у меотичних відкладах перекривається вапняком в середньому 10–18 м, мінімальне значення 2 м. Даний горизонт характеризується напірними властивостями із збільшенням глибини. Величина напору змінюється від 0,6 до 50 м, інколи сягає 96,5 м. П'єзометричні рівні встановлюються на глибині 16–48 м. Слід зазначити, що величина напору різко зменшується у долинах річок та балок, які дренують горизонт, а дебіти свердловин змінюються від 0,4 до 18 л/с. Води меотичних відкладів у основному солонцюваті, рідше – солоні, мають мінералізацію до 2,5 г/дм³, рідше – 4,3 г/дм³. Поповнення запасів меотичного водонесного горизонту у поверхні його залягання здійснюється виключно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, що різко посилює роль водоохоронних заходів у межах міста.

Водонесний горизонт у відкладах сарматського ярусу перекривається вапняками, прошарками мілкозернистих кварцових пісків. Потужність – горизонту змінюється від 3–5 м до 25–30 м. Через відсутність водоупорного перекриття утворюється єдиний водонесний горизонт у верхньо-середньосарматських відкладах. У його основі залягають

Пічура В. І., Скок С. В.

середньосарматські глини, або відклади нижнього сармату, тортона та палеогену [22].

Дослідженнями визначено, що більшість приватних неглибоких свердловин відбирають воду лише із четвертинного водоносного горизонту. Ці приповерхневі водонапірні пласти майже вичерпані та значно забруднені фільтраційними водами. Проте, не дивлячись на обмежені їх запаси у зоні приватної забудови (дачні масиви північно-західної частини міста), населення використовує води поверхневого водоносного шару для власних потреб та поливу присадибних ділянок.

У період 2003-2017 рр. у східній частині міста Херсон водокористування відбувалося з палеогенового водоносного шару в межах тортонського ярусу. На сьогодні водоносні горизонти палеогенових відкладів на території міста Херсона використовуються для господарсько-побутових потреб з меншою інтенсивністю, ніж неогенові. Це пояснюється їх

глибоким заляганням (100–150 м), високою мінералізацією (більше 2000 мг/дм³) вод та наявністю у вище розташованих горизонтів достатньої кількості води, що задовольняє потреби населення.

Водоспоживання населення міста Херсон забезпечується переважно за рахунок підземних джерел, що є причиною зменшення обсягів підземних водних запасів та підняття солоноводних горизонтів. Дефіцит води в місті залишається на рівні 140 тис.м³/добу, із урахуванням вод, які не відповідають вимогам ДсанПіН 2.2.4-171-10. Проблема водозабезпечення ускладнюється використанням артезіанських вод для технічних цілей. Така ситуація змушує споживачів економно її використовувати для власних потреб.

Дослідженнями встановлено, що питна вода з верхньосарматського ярусу (46 м) на територіях тест-полігонів м. Херсон є хлоридно-сульфатного та гідрокарбонатно-кальцієвого складу з різним якісним складом (табл. 1).

1. Якість питної води із водопровідної мережі міста Херсону (n=400, $\bar{x} \pm \sigma$)

| Перелік показників | ДСан ПіН 2.2.4- 171-10 | Кількість (n) та усереднені багаторічні показники проб води, відібраних в районах міста (тест-полігонах): | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|---|-----------------|-----------|----------|-----------|------------|
| | | I (n=75) | II, III (n=100) | IV (n=50) | V (n=75) | VI (n=50) | VII (n=50) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Запах (бал.) | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Смак (бал) | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Кольоро-градус | 20 | 2 | 3 | 3 | 4 | 0 | 2 |
| Каламутність, мг/дм ³ | 1,5 | 0,2±0 | 0,2±0 | 0,3±0 | 0,3± | 0±0 | 0,3±0 |

Пічура В. І., Скок С. В.

Продовження табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|-----------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Залишковий хлор, мг/дм ³ | 0,3-0,5 | 0,3±0,04 | 0,4±0,05 | 0,3±0,04 | 0,45±0,05 | 0,20 ±0,03 | 0,25±0,03 |
| Хлориди, мг/дм ³ | 350 | 250±28 | 500±22 | 250±32 | 600±54 | 250±33 | 300±32 |
| Загальна жорст-кість, моль/м ³ | 7-10 | 8±0,96 | 12±1,6 | 15±1,8 | 20±2,5 | 6±0,7 | 8±0,85 |
| Сульфати, мг/дм ³ | 500 | 300±37 | 500±46 | 450±54 | 750±83 | 200±24 | 250±27 |
| Окислюваль-ність, мг О ² /дм ³ | 2,0 | 2±0,24 | 2±0,25 | 2±0,24 | 2±0,22 | 1±0,12 | 2±0,02 |
| Аміак, мг/дм ³ | 3,3 | 0,5±0,07 | 0,5±0,06 | 1±0,11 | 6±0,1 | 0±0 | 0,5±0,03 |
| Нітрити, мг/дм ³ | 3,3 | 0,1±0,12 | 0,2±0,22 | 0,2±0,28 | 0,5±0,06 | 0±0 | 0,1±0,01 |
| Нітрати, мг/дм ³ | 45 | 10±1,2 | 20±2,4 | 20±2,5 | 80±9,6 | 4±0,42 | 10±1,3 |
| Залізо, мг/дм ³ | 0,3 | 0 | 0,1±0,02 | 0,1±0,01 | 0,1±0,01 | 0 | 0 |
| Цинк, мг/дм ³ | 5,0 | 0,04 0,005 | 0,05±0,006 | 0,04±0,005 | 0,08±0,009 | 0 | 0,04±0,005 |
| Фтор, мг/дм ³ | 1,2 | 0,5±0,06 | 0,6±0,07 | 0,6±0,07 | 0,4±0,005 | 0,25±0,03 | 0,6±0,07 |
| Сірководень, мг/дм ³ | - | - | - | - | - | - | 0,75±0,1 |
| Мідь, мг/дм ³ | 1,0 | 0 | 0,01±0,001 | 0 | 0,03±0,004 | 0 | 0 |
| Вуглекислота, мг/дм ³ | 10-30 | 20±0,24 | 20±0,24 | 20±0,24 | 10±1,3 | 10±1,4 | 10±1,3 |
| Мікробне число* КУО/см ³ | 100 | 10±1,3 | 10±1,5 | 10±1,4 | 10±1,3 | 10±1,5 | 10±1,4 |
| Колі-індекс* | 2,1 | 1,1±0,13 | 1,7±0,22 | 2,3±0,28 | 2,4±0,33 | 3±0,38 | 1,9±0,25 |
| Миш'як, мг/дм ³ | 0,05 | 0,02±0,002 | 0,02±0,002 | 0,02±0,002 | 0,02±0,002 | 0,02±0,002 | 0,02±0,002 |
| pH | 6-9 | 8±0,95 | 9±0,97 | 8±0,96 | 9±0,98 | 8±0,95 | 7±0,81 |
| Сухий залишок, мг/дм ³ | 1000-1500 | 1400±168 | 2500±302 | 1500±195 | 3000±312 | 1500±182 | 1400±153 |
| Свинець, мг/дм ³ | 0,03 | 0,001±0,0001 | 0,0015±0,0001 | 0,001±0,00013 | 0,001±0,0001 | 0,0019±0,0002 | 0,001±0,0001 |

*Примітка: дослідження з використанням тест-систем RIDA@COUNT TOTAL та RIDA@COUNT COLIFORM

Згідно аналізу даних таблиці 1, питна вода I-го тест-полігону має знижену якість, що пов'язано особливістю розташування свердловин та умовами формування якісного складу підземних вод.

Показники якості проб води V-го тест-полігону склали: за вмістом хлоридів – 850 мг/м³ (200–300 ГДК), сульфатів – 850 мг/дм³ (250–300

ГДК), аміаку – 3–5 мг/дм³ (ГДК 2,6), нітратів 30–110 мг/дм³ (ГДК 45), загальної жорсткості – 8–25 моль/м³ (ГДК 7-10), мінералізації – до 3000 мг/дм³ (1500 ГДК). При цьому якість води даного тест-полігону залежить від функціонування Херсонського морського порту та періодичних надходжень у міську акваторію Дніпра солоноводних вод із

Пічура В. І., Скок С. В.

Дніпровського лиману внаслідок їх вітрового нагону. Проби води в цьому районі часто містять залишки нафтопродуктів (на межі 0,6–1,3 мг/дм³).

III-й тест-полігон характеризується хлоридним забрудненням питної води, за вмістом хлоридів складає від 300 до 600 мг/дм³, з перевищенням рівня мінералізації в 1,3 рази відповідно до ГДК. Свердловини та водоносні пласти цього полігону забруднюються водами р. Віршовчина, до якої направлено скид очищених каналізаційних та неочищених зливових стоків із території міста Херсон.

VII-й тест-полігон характеризується найкращою якістю води, що закономірно для більшості піщано-острівних водоносних пластів, які живляться потужним фільтраційним притоком, що фільтрується алювіальними відкладами. Мінералізація проб води в цьому районі становить 600–1000 мг/м³, вода оцінюється як м'яка, або помірковано жорстка.

Встановлено, що перевищення значення ГДК за окремими тестовими полігонами складає за вмістом хлоридів (II, III, V) у 1,4–1,7 рази; загальної жорсткості води (II–V) – 1,2–2,0 рази; сульфатів (II, III, V) – 1,1–1,5 рази; аміаку (V) – 1,8 рази; нітратів (V) – 1,8 рази; сухого

залишку (II–VI) – 1,1–2,0 рази; колі-індексу (II–VI) – 1,1–1,4 рази. Також були досліджені проби води із криниць лівого схилу долини річки Віршовчина, розташованих у вершині долини на північно-західній частині міста Херсон (табл. 2).

За аналізом проб води визначено, що вода має високі показники якості, параметри мікробного забруднення знаходяться в межах норми. Суттєва відмінність в якості води із криниць обумовлені гідрологічною диференціацією підвищеного вмісту мінералізації (1,6 ГДК) за рахунок хлоридно-магнієвих сполук, внаслідок руху підземних вод із боку степової рівнини з північного заходу на південний схід. Наближення підземного водоносного пласту (на межі 40–60 м) до поверхні спостерігається на схилах долини річки Віршовчиної, де зміщений підземний стік із-за рельєфного пониження рівня земної поверхні.

Обсяг і рівень води у криницях урбосистеми залежить від кількості атмосферних опадів. У період посухи, дефіцит опадів відповідно їх норми сягає 70 %. Проте, коли добовий максимум опадів протягом 2017 році перевищив добову норму (58 мм), рівень води у колодязі збільшився, але погіршилася її якість за бактеріологічними показниками (1,45 ГДК). Причиною погіршення води є аварійний стан системами міської

Пічура В. І., Скок С. В.

каналізації та відсутність бактерій (до 90%) затримується у відповідного облаштування шарі ґрунту 0,4 м і виживає до 210 діб, вигрібних ям, що призводить до спричиняючи небезпеку ґрунтової інфільтрації каналізаційних бактеріального забруднення вод і вертикальної міграції ґрунтових вод [17]. мікроорганізмів. Переважна кількість

2. Результати лабораторного дослідження проб води з криниць долини річки Вірвочина

| Об'єкт | Прозорість, одиниць | Запах, балів | Осад, +,- | Реакція рН | Лужність (мг-кв/л) | Сухий залишок мг/дм ³ | Жорсткість загальна моль/м ³ | Са, г/л | Mg, г/л | Сульфати, мг/л | Na+K, мг/л | Нітрати, мг/л | Загальне мікробне число | Колі-індекс |
|-----------------------------------|---------------------|--------------|-----------|------------|--------------------|----------------------------------|---|----------|-----------|----------------|------------|---------------|-------------------------|-------------|
| ГДК | 20 | 2 | - | 6-9 | 6,5 | 1000-1500 | 7-10 | - | 80 | 500 | 200 | 45 | 100 | 3 |
| Криниця 1 (верхня частина схилу) | 30 | 2 | - | 6,8 | 4,4 | 820 | 10,0 | 183 | 34 | 243 | 89,7 | 20,1 | 112 | 4,3 |
| σ | 3,6 | - | - | 0,8 | 0,5 | 95 | 1,3 | 23 | 4,42 | 31,6 | 10,5 | 2,4 | 14,6 | 0,52 |
| Криниця 2 (середня частина схилу) | 30 | 2 | - | 7,0 | 4,5 | 840 | 11 | 190 | 40 | 240 | 90 | 20,3 | 76 | 6,7 |
| σ | 3,6 | - | - | 0,74 | 0,6 | 98 | 1,5 | 25 | 4,8 | 31,2 | 10,8 | 2,5 | 9,1 | 0,74 |
| Криниця 3 (нижня частина схилу) | 21 | 2 | - | 7,0 | 5,0 | 2500 | 19,1 | 250 | 60 | 340 | 120 | 54 | 145 | 6,2 |
| σ | 2,5 | - | - | 0,74 | 0,6 | 304 | 2,2 | 32 | 7,2 | 44,2 | 15,5 | 6,5 | 17,4 | 0,71 |

Потрібно відмітити, що особливістю водопостачання на території міста Херсон є значна кількість відносно дрібних і неглибоких приватних та відомчих свердловин, не з'єднаних із міською мережею. Результати якості води наведено в табл. 3.

3. Якісні показники проб води із приватних і відомчих свердловин на території міста Херсон (2011-2017 рр.)

| Перелік показників | За ГОСТ 2874-82 «Вода питна» | Кількість (n=56) та усереднені багаторічні показники проб води із свердловин поза межами міської мережі водопостачання | | | |
|--------------------|------------------------------|--|-------------|-----------|-------------|
| | | Полігон I | Полігон III | Полігон V | Полігон VII |
| | | n= 11 | n=15 | n=16 | n=15 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Запах (бал.) | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| Смак (бал) | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| Кольоровість градус | 20 | 3 | 2 | 5 | 2 |
| Каламутність, мг/дм ³ | 1,5 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 0,2 |
| Залишковий хлор, мг/дм ³ | 0,3-0,5 | 0,16±0,01 | 0,11±0,03 | 0,10±0,02 | 0,12±0,02 |
| Хлориди, мг/дм ³ | 350 | 400±37 | 350±40 | 600±33 | 300±23 |
| Загальна жорсткість, моль/м ³ | 7-10 | 9,1±0,4 | 9,3±1,1 | 14,6±0,7 | 11,5±1,2 |
| Цинк, мг/дм ³ | 5,0 | 0,04±0,001 | 0,04±0,001 | 0 | 0,05±0,001 |
| Фтор, мг/дм ³ | 1,2 | 0,5±0,01 | 0,5±0,01 | 0,5±0,01 | 0,5±0,01 |
| Сірководень, мг/дм ³ | - | Сліди | Сліди | 0,5±0,05 | 1,5±0,03 |
| Мідь, мг/дм | 1,0 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,01 |
| Вуглекислота, мг/дм ³ | 10-30 | 12±4,2 | 18±2,1 | 32±4,3 | 27±5,5 |
| Мікробне число | 100 | 26±3,0 | 49±3,1 | 105±12,5 | 73±9,2 |
| Колі-індекс | <3 | 1,1±0,1 | 3±0,1 | 5±0,2 | 3,3±0,2 |
| Миш'як, мг/дм ³ | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0,02 |
| Сульфати, мг/дм ³ | 500 | 300±18 | 300±26 | 450±30 | 300±33 |
| Окислюваль-ність, мг О ² /дм ³ | 2,0 | 1,1±0,5 | 1,1±0,3 | 3,2±0,7 | 2,0±0,5 |
| Аміак, мг/дм ³ | 3,3 | 0,5±0,1 | 0,5±0,1 | 0 | 0,7±0,1 |
| Нітрити, мг/дм ³ | 3,3 | 2,1±0,2 | 1,2±0,1 | 3,1±0,1 | 1,0±0,1 |
| Нітрати, мг/дм ³ | 45 | 11±2,7 | 29±3,0 | 35±3,8 | 37±4,2 |
| Залізо, мг/дм ³ | 0,3 | 0,2±0 | 0,2±0 | 0,2±0 | 0,2±0,1 |
| pH | 6-9 | 8,0 | 7,5 | 7,4 | 7,7 |
| Сухий залишок, мг/дм ³ | 1000-1500 | 980±23 | 940±19 | 1700±36 | 1100±32 |
| Свинець, мг/дм ³ | 0,03 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 |

Зокрема, вода із 4-х досліджених приватних і відносно неглибоких (28–40 м) свердловин на території різних районів м. Херсона характеризується нижчими показниками якості води, ніж міська мережа водопостачання, оскільки підлягають систематичному фекальному і техногенному забрудненню.

Формування якісного складу підземних вод урбосистеми м. Херсон залежить від геологічної будови, умов циркуляції вод у зоні активного водообміну, коефіцієнту природної їх захищеності. Природна захищеність водоносних горизонтів залежить від глибини та умов їх залягання.

Найменш захищеними є ґрунтові води (к=1) та міжпластові безнапірні (к=1,3), а найбільш захищеними водами є артезіанські води (к=1,6). Однак головну роль в захищеності горизонтів відіграють зони швидкої фільтрації й міграції, які утворюються у місцях замкнених понижень рельєфу (западин). Такі зони займають до 10 % території в південно-західній частині м. Херсон, перерозподіляють до 60 % поверхневого стоку і є зонами першочергового забруднення водоносних горизонтів. Додатковою причиною зниження якості підземних вод є перетікання ґрунтових вод з

Пічура В. І., Скок С. В.

верхніх забруднених шарів горизонтів у нижні, внаслідок інтенсивної експлуатації свердловин. Порушення гідродинамічної рівноваги підземних вод призводить до вертикальної міграції забруднюючих речовин у продуктивні водоносні горизонти неогенового шару, що спричиняє екологічну небезпеку його використання як джерела питних вод.

Значну загрозу забруднення підземних вод становлять господарські об'єкти, звалища твердих відходів, склади пального, отрутохімікатів та мінеральних добрив на територіях з порушенням режиму підземних вод. Розвиток автопарку, промисловості спричинюють забруднення ґрунтових вод нафтопродуктами, свинцем, кадмієм, нітратами. Проблема водозабезпечення якісною питною водою міста Херсон відбувається з урахуванням понаднормативного водозабору 2414 м³/добу (норма – 1140 м²/добу) на одну свердловину. Це веде до значного погіршення еколого-гідрологічного стану території урбосистеми, утворення навкруги свердловин депресивних вирв. Ці вирви поглинають воду, якої не вистачає, з поверхневих лінз, і розташовані на глинистих породах у декількох метрах від поверхні ґрунту. Такі дрібно-депресивні форми рельєфу, утворюють невеликі

замкнуті улоговини, в яких концентрується поверхневий дощовий стік, погіршуючи загальний гідрологічний стан підземних пластів [22].

Особливим фактором впливу на стан водоносних горизонтів на території урбосистем є аварійне надходження вод каналізаційних, водогінних мереж та систем опалення, які спричиняють підтоплення міської території. В умовах аварійних пошкоджень каналізаційних колекторів, які прокладені нижче рівня ґрунтових вод, відбуваються процеси суфозії, у наслідок якої відбуваються локальні просідання ґрунту. Зокрема, велика кількість об'єктів будівництва та систем інженерних комунікацій збільшують навантаження на верхній лесовий шар ґрунту, який характеризується високою пористістю в межах 0,6–1,05 і водопроникність від 0,001 до 8,5 м/добу [16]. Це призводить до зменшення об'єму ґрунту та його просідання. Значний антропогенний пресинг урбосистеми м. Херсон на водоносні шари підземних вод та довготривала експлуатація артезіанських свердловин призвела до зниження рівня та погіршення вод артезіанських горизонтів.

За існуючих умов погіршення якості підземних вод на території урбосистеми м. Херсон необхідним є

Пічура В. І., Скок С. В.

забезпечення економного режиму водоспоживання із лімітом до 20-30 л/годину, реалізацію дотаційних програм із облаштування житлових будинків та громадських установ сучасною сантехнікою, яка дозволяє зменшити витрати води на 15–30%. Використання для технічних і житлово-комунальних потреб поверхневих вод р. Дніпро із обов'язковою її доочисткою. Експлуатація свердловин на Верхньоантонівському водозаборі верхньосарматського водоносного горизонту глибиною 44–54 м, що розташовані за межами міського негативного впливу. Їх експлуатаційні запаси складають 38,1 тис.м³/добу і резерв близько 50 %, за якістю води відносяться до хлоридно-гідрокарбонатного змішаного катіонного складу з мінералізацією 300-1000 мг/дм³, максимально небезпечний водозабір із однієї свердловини складає 384 м³ на добу. Для зменшення негативного антропогенного впливу на стан підземних вод необхідний перегляд існуючих норм водоспоживання із забезпеченням бездефіцитного регулювання режиму водоносних горизонтів на законодавчому рівні.

Висновки. Основним джерелом водопостачання м. Херсона є підземні води, їх експлуатація здійснюється водозабірними свердловинами із неогенового шару, до якого входить

понтично-меотичний і сарматський яруси. Встановлено, що перевищення значення гранично допустимих концентрацій (ГДК) речовин за окремими тестовими полігонами складає: за вмістом хлоридів (II, III, V) у 1,4–1,7 рази; загальної жорсткості води (II–V) – 1,2–2,0 рази; сульфатів (II, III, V) – 1,1–1,5 рази; аміаку (V) – 1,8 рази; нітратів (V) – 1,8 рази; сухого залишку (II–VI) – 1,1–2,0 рази; колі-індексу (II–VI) – 1,1–1,4 рази. Відзначено, що води із криниць, на північно-західній частині міста Херсон, мають підвищений вміст мінералізації (1,6 ГДК) і низьку якість за бактеріологічними показниками (1,45 ГДК). Доведено, що води із приватних і відносно неглибоких (28–40 м) свердловин на території різних районів м. Херсона характеризується низькими показниками якості води, оскільки підлягають систематичному фекальному і техногенному забрудненню. Найменш захищеними від негативного антропогенного впливу є ґрунтові води ($k=1,0$) та міжпластові безнапірні води ($k=1,3$), а найбільш захищеними – є артезіанські води ($k=1,6$). Антропогенний пресинг урбосистеми м. Херсон на водоносні шари підземних вод та довготривала експлуатація артезіанських свердловин призвели до порушення рівнів підземних вод та зниження їх якості. Для зменшення негативного антропогенного впливу на стан

Пічура В. І., Скок С. В.

підземних вод запропоновані заходи раціонального їх використання з урахуванням законодавчих норм регулювання режиму водоносних

горизонтів та пошуку нових джерел водопостачання за межами урбосистеми.

Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом Ф 84

Список використаних джерел

1. Кошляков О., Диняк О., Кошлякова І. Виснаження та забруднення питних водоносних горизонтів в умовах інтенсивної експлуатації на території м. Києва. Вісник Київського національного університету імені Т. Шевченка. 2012. № 56. С.38-42.
2. Мариненко В.О. Екологічні аспекти розвитку великого міста. Актуальні проблеми державного управління на новому етапі державотворення: матеріали наук.-практ. конф. за міжнар. участю, 31 трав. 2005 р. Київ у 2 т. : НАДУ, 2005. Т. 2. С. 73–77.
3. Шевчук В. Методика дослідження змін деформації русел рік Прикарпатського регіону. Геодезія, картографія і аерознімання. 2009. Випуск 71. С. 59–69.
4. Мельник Л. Г., Шапочка М.К. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням. Суми: ВТД Університетська книга, 2007. 759 с.
5. Клименко М.О., Пилипенко Ю.В., Мороз О.С. Екологія міських систем. Херсон: Олді-плюс, 2010. 294 с.
6. Кучерявий В.О. Урбоекологія: Підручник. Львів: Світ, 2002. 440.
7. Стольберг Ф. Экология города. К.: Либра, 2000. 464 с.
8. Теттиор А. Н. Городская экология. М.: Академия, 2007. 336 с.
9. Shoufu Lin , Ji Sun, Dora Marinova, and Dingtao Zhao. Effects of Population and Land Urbanization on China's Environmental Impact: Empirical Analysis Based on the Extended STIRPAT Model. Sustainability. 2017. № 9. P. 1-21.
10. Матвеева В. Урбанізація та інновації: взаємний вплив і шляхи розв'язання спільних проблем. Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Міжнародні відносини. 2014. № 14. С. 13-20.
11. Шестопапов В.М. О гидродинамической зональности и водообмене в гидрогеологических структурах. Геологический журнал. 2014. №4 (349). С. 9–26.
12. Пічура В.І., Скок С.В. Сезонно-гідрологічна структура розподілу зливних стоків міста Херсон у приміській акваторії Дніпра. Вісник Національного університету водного господарства і природокористування. 2017. № 4 (80). С. 90-102.
13. Pichura V.I., Domaratsky Y.A., Yaremko Yu.I., Volochnyuk Y.G., Rybak V.V. Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. Indian Journal of Ecology. 2017. Vol. 44 (3). P. 442-450.
14. Пічура В.І., Шахман І.О., Бистрянцева А.М. Просторово-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. Біоресурси і природокористування. 2018. Том 10, №1-2. С. 44–57. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/10281/9061>.
15. Дзекцер Е.С. Мониторинг подземных вод урбанизированных территорий. Водные ресурсы. 1993. Т. 20. № 5. С. 615-620.
16. Зеегофер Ю.О., Селезнев В.Н. О методике изучения изменений поверхностных и подземных вод на

Пічура В. І., Скок С. В.

территории крупных городов. Бюллетень МОИП. Вып. 5. 1981. Т. 56. С. 131-136.

17. 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.

18. Крайнюкова А. Н. Система токсикологической оценки природных и сточных вод. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 1/4 (37), 2009. С. 30-33.

19. Зверев В.П. Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии. М.: Научный мир. 2011. 260 с.

20. ДСТУ 7525:2014. «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». К.: Мінекономрозвитку України, 2014. 25 с.

21. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДсанПіН 2.2.4-171-10). Київ, 2010. <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.

22. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів за даними моніторингу ЕГП. Київ, 2017. 100 с.

References

1. Koshliakov O., Dyniak O., Koshliakova I. (2012) Vysnazhennia ta zabrudnennia putnykh vodonosnykh horyzontiv v umovakh intensyvnoi ekspluatatsii na terytorii m. Kyieva [Depletion and contamination of drinking aquifers in intensive use on the territory of Kyiv.]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni T. Shevchenka [Bulletin of the T. Shevchenko National University of Kyiv]. Vol. 56. P. 38-42. [in Ukrainian]

2. Marynenko V.O. (2005) Ekolohichni aspekty rozvytku velykoho mista [Ecological aspects of big city development]. Aktualni problemy derzhavnoho upravlinnia na novomu etapi derzhavotvorennia: materialy naukovo-praktychnoi konferentsii za mizhnarodnoiu uchastiu [Topical problems of public administration at a new stage of state formation:

materials of a scientific-practical conference with international participation], 31 may. Kyiv: NADU, 2005. V. 2. P. 73–77. [in Ukrainian]

3. Shevchuk V. (2009) Metodyka doslidzhennia zmin deformatsii rusel rik Prykarpatskoho rehionu [Methods of investigation of changes in the deformation of the river beds in the Carpathian region]. Heodeziia, kartohrafiia i aereznimannia [Surveying, cartography and aerial surveying]. Vol. 71. P. 59–69. [in Ukrainian]

4. Melnyk L. H., Shapochka M.K. (2007) Osnovy ekolohii. Ekolohichna ekonomika ta upravlinnia pryrodokorystuvanniam [Principles of Ecology. Ecological Economics and Environmental Management]. Sumy: VTD University Book. 759 p. [in Ukrainian]

5. Klymenko M.O., Pylypenko Yu.V., Moroz O.S. (2010) Ekolohiia miskykh system [Kherson: Old-plus]. 294 p. [in Ukrainian]

6. Kucheriavyi V.O. (2002) Urboekolohiia [Urban ecology]. Lviv: The World. 440 p. [in Ukrainian]

7. Stolberh F. (2000) Экология города [City ecology]. Kiev: Libra. 464 p. [in Russian]

8. Tettyor A. N. (2007) Horodskaia ekolohiia [Urban ecology]. Moscow Academy. 336 p. [in Russian]

9. Shoufu Lin, Ji Sun, Dora Marinova, and Dingtao Zhao. (2017) Effects of Population and Land Urbanization on China's Environmental Impact: Empirical Analysis Based on the Extended STIRPAT Model. Sustainability. Vol. 9. P. 1-21. [in English]

10. Matvieieva V. (2014) Urbanizatsiia ta innovatsii: vzaiemnyi vplyv i shliakhy rozv'iazannia spilnykh problem [Urbanization and innovation: mutual influence and ways to solve common problems]. Naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Mizhnarodni vidnosyny [Scientific Bulletin of Lesya Ukrainka Eastern European National University. International relations]. Vol.14. P. 13-20. [in Ukrainian]

11. Shestopalov V.M. (2014) O hydrodynamicheskoi zonalnosti y vodoobmene v hydroheolohycheskykh strukturakh [On hydrodynamic zonation and water exchange in hydrogeological structures].

Пічура В. І., Скок С. В.

Neolohycheskyi zhurnal [Geological journal]. Vol. 4 (349). P. 9–26. [in Russian]

12. Pichura V.I., Skok S.V. (2017) Sezonno-gidrologichna struktura rozpodilu zlivnikh stokiv mista Kherson u primis'kiy akvatorii Dnipra [Seasonal hydrological structure of the distribution of Kherson storm water runoff in the suburban water area of the Dnipro]. Visnik Natsional'nogo universitetu vodnogo gospodarstva i priroдокористuvannya [Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Management]. No 4 (80). P. 90-102. [in Ukrainian]

13. Pichura V.I., Domaratsky Y.A., Yaremko Yu.I., Volochnyuk Y.G., Rybak V.V. (2017). Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. Indian Journal of Ecology. Vol. 44 (3). P. 442-450.

14. Pichura V.I., Shakhman I.O., Bistryantseva A.M. (2018) Prostorovo-chasova zakonomirnist' formuvannya yakosti vodi v richtsi Dnipro [Spatial and temporal regularities of water quality formation in the Dnieper river]. Bioresursi i priroдокористuvannya [Biological Resources and Nature Management]. No 1-2 (10). P. 44–57.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/10281/9061> [in Ukrainian]

15. Dzekhtser E.S. (1993) Monytorynh podzemnykh vod urbanyzovannyykh terrytoryi [Groundwater monitoring in urban areas]. Vodnye resursy [Water resources]. Vol. 20. 5. P. 615-620. [in Russian]

16. Zeehofer Yu.O., Seleznev V.N. (1981) O metodyke yzucheniya yzmeneni poverkhnostnykh y podzemnykh vod na terrytoryy krupnykh horodov [On the methodology for studying changes in surface and groundwater in large cities]. Biulleten MOYP [MOIP Bulletin]. Vol. 5. 56. P. 131-136. [in Russian]

17. Zelenyn Y. V., Podrazhanskyi V. A. (1987) Uslovyia y pryntsypy orhanyzatsyy

statsyonarnykh nabliudenyi za rezhytom podzemnykh vod urbanyzovannyykh terrytoryi Moldavyu. Sovremennyye problemy ynzhenernoї heolohyy y hydroheolohyy horodov y horodskykh ahlomeratsyi [Conditions and principles of organizing stationary observations of the groundwater regime of the urbanized territories of Moldova. Modern problems of engineering geology and hydrogeology of cities and urban agglomerations]. Moscow: Science. P. 210-212. [in Russian]

18. Krainiukova A. N. (2009) Systema toksykolohycheskoї otsenky pryrodnykh y stochnykh vod [System of toxicological assessment of natural and waste water]. Vostochno-Evropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiy [East European Journal of Advanced Technology]. Vol. 1/4 (37). P. 30-33. [in Russian]

19. Zverev V.P. (2011) Podzemnaia hydrosfera. Problemy fundamentalnoї hydroheolohyy [Underground hydrosphere. Problems of fundamental hydrogeology]. Moscow: Scientific World. 260 p. [in Russian]

20. DSTU 7525:2014. «Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannya yakosti. (2014) [Drinking water. Quality control requirements and methods]. Kyiv Ministry of Economic Development of Ukraine. 25 p. [in Ukrainian]

21. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannya liudynoiu» (DsanPiN 2.2.4-171-10). (2010) [State sanitary rules and regulations "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. [in Ukrainian]

22. Informatsiinyi shchorichnyk shchodo aktyvizatsii nebezpechnykh ekzohennykh heolohichnykh protsesiv za danymy monytorynhu EHP. (2017) [Information Yearbook on Activation of Hazardous Exogenous Geological Processes According to EGP Monitoring]. Kiev. 100 p. [in Ukrainian]

ВЛИЯНИЕ УРБОСИСТЕМ НА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ**В. И. Пичура, С. В. Скок**

***Аннотация.** Подземные воды являются ценными ресурсами, которые используются для обеспечения населения питьевой водой. Несмотря на естественную защищенность от воздействия внешних факторов и независимость общего объема вод от сезонных изменений климата, они подвергаются интенсивному антропогенному прессингу, что приводит к нарушению гидрогеологического и гидрохимического их режима. Формирование качественного состава подземных вод в исследуемой урбосистеме г. Херсон зависит от геологического строения, условий циркуляции вод в зоне активного водообмена, коэффициента естественной их защищенности. Исследования питьевой воды на территории урбосистемы г. Херсон проведено за 400 пробами с 7 тестовых полигонов и фрагментарный контроль 56 проб воды из частных скважин на территории 4 тест-полигонов в период 2011-2017 гг. Установлено, что наименее защищенными от негативного антропогенного воздействия являются грунтовые воды ($k = 1,0$) и межпластовые безнапорные воды ($k = 1,3$), а наиболее защищенными являются артезианские воды ($k = 1,6$). Установлено, что на загрязнение водоносных горизонтов влияют промышленные объекты, несанкционированные свалки твердых отходов, склады горючего, ядохимикатов и минеральных удобрений, длительный сверхнормативный водоотбор из скважин, расположенных на территориях с быстрой фильтрацией и миграцией веществ в замкнутых местах понижений рельефа. Незащищенные поверхностные водоносные горизонты загрязняются стоками выгребных ям, вследствие чего бактериологические показатели в воде частных колодезях превышали предельно допустимую концентрацию (ПДК) поллютантов в 1,4 раза. Антропогенный прессинг урбосистемы г. Херсон на водоносные слои подземных вод и долговременная эксплуатация артезианских скважин привели к нарушению уровней подземных вод и снижения их качества. Установлено, что вода частных скважин города Херсон характеризовалась некачественной водой с отклонением от нормативов по органолептическим показателям через фекальное загрязнение этих источников. Для уменьшения негативного антропогенного воздействия на состояние подземных вод предложены меры рационального их использования с учетом законодательных норм регулирования режима водоносных горизонтов и поиска новых источников водоснабжения за пределами урбосистемы.*

***Ключевые слова:** подземные воды, водоносный горизонт, качество воды, урбосистема, тест-полигон, артезианская скважина.*

**THE IMPACT OF URBOSYSTEMS ON HYDROLOGICAL AND
HYDROCHEMICAL CONDITIONS OF AQUIFERS****V. I. Pichura, S. V. Skok**

Abstract. *Groundwater is a valuable resource, used to provide population with drinking water. In spite of natural protection from the impact of external factors and independence of the total amount of groundwater from seasonal climate changes, they undergo intensive man-made pressing causing the disruption of their hydrological and hydrochemical regimes. The formation of qualitative composition of the groundwater in Kherson urbosystem under study depends on the geological structure, the conditions of water circulation in the area of active water changes, the coefficient of their natural protection. The study of drinking water in the territory of the Kherson urbosystem was carried out on 400 samples from 7 test sites and fragmentary control of 56 samples of water from private wells in the territory of 4 test sites during the period 2011–2017. It was determined that the groundwater ($\kappa=1.0$) and the free groundwater between layers ($\kappa=1.3$) are the least protected groundwater from human impacts, and the artesian groundwater ($\kappa=1.6$) is the most protected groundwater. It was established that the areas of fast filtration and migration on the sites of confined low reliefs, industrial objects, illegal landfills of solid wastes, storehouses of fuels, pesticides and mineral fertilizers and durable non-normative surface aquifers become polluted by sewage from cesspits, resulting in an increase in bacteriological indexes exceeding the immission limit (IL) by 1.4 times. The man-made pressing of the urbosystem under study on the aquifers of groundwater and durable exploitation of artesian wells led to the disruption of groundwater dynamic levels and deterioration in their quality. It was determined that the water from Kherson private wells was characterized by its low quality with deviations from the norms by organoleptic indexes because of fecal contamination of these sources. In order to reduce a negative human impact on the condition of groundwater the authors of the study suggest measures aimed at their rational use taking into account the legislative ratification of the legal status of aquifers and the search for new sources beyond the limits of an urban.*

Key words: *groundwater, aquifer, water quality, urbosystem, testing-ground, artesian well*