

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БАШИНСЬКИЙ ІГОР ВІКТОРОВИЧ

УДК 628.1.03:351.778.3:711.437

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКИХ СЕЛІТЕБНИХ
ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ З
ВИКОРИСТАННЯМ ГІС В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Піциль Андрій Орестович
доцент, к.с.-г.н.

Житомир – 2022

АНОТАЦІЯ

Башинський І. В. Оцінка екологічного стану сільських селітебних територій на основі показників якості питної води з використанням ГІС в умовах сталого розвитку.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 «Екологія». – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

Кваліфікаційна робота містить результати досліджень, які стосуються екологічної оцінки стану сільських селітебних територій за показниками якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання. Дослідження проходили на території 13 ОТГ нового укрупненого Житомирського району Житомирської області, серед яких були міська, селищні та сільські громади. Аналітичні дослідження питної води проводили за вмістом нітратів, заліза загального, твердості та рівнем водневого показнику.

У результаті встановлено, що середній вміст нітратів у питній воді усіх досліджуваних громад перевищував установлений норматив та коливався у межах 68-175 мг/дм³. Найгірша ситуація за вмістом нітратів зафіксована на територіях Волицької, Оліївської та Черняхівської громад, де їх перевищення у середньому становило від 2,7 до 3,5 рази. Середній вміст заліза загального майже у всіх громадах був у межах нормативу, крім Любарської громади, де середній його вміст перевищував норматив у 1,8 рази. На територіях Вільшанської, Новогуївинської та Оліївської громад була виявлена жорстка вода, оскільки показник загальної жорсткості у середньому перевищував 7 ммоль/дм³. У питній воді Глибочицької і Тетерівської громад у середньому спостерігається підкислення питної води, так як показник рН на цих територіях знаходився трохи нижче за встановлений норматив. Добрий екологічний стан зафіксовано на території Волицької громади, найгірший стан – у Оліївській, стан територій решти досліджуваних громад оцінено як задовільний.

Ключові слова: об'єднані територіальні громади, питна вода, рН, нітрати, залізо загальне, твердість загальна, сільські населені пункти, ArcGIS.

SUMMARY

Bashynskiy I. V. Assessment of the ecological state of rural settlement areas based on drinking water quality indicators using GIS in conditions of sustainable development.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 101 "Ecology". – Polis National University, Zhytomyr, 2022.

The qualification work contains the results of researches related to the ecological assessment of the state of rural settlement areas based on indicators of the quality of drinking water from non-centralized water supply sources. The research was carried out on the territory of 13 OTG of the newly expanded Zhytomyr district of Zhytomyr region, which included urban, village and rural communities. Analytical studies of drinking water were carried out according to the content of nitrates, total iron, hardness and the level of the hydrogen indicator. As a result, it was established that the average content of nitrates in the drinking water of all studied communities exceeded the established standard and ranged from 68 to 175 mg/dm³. The worst situation in terms of nitrate content was recorded in the territories of Volitska, Oliivska and Chernyakhiv communities, where their excess was on average 2.7 to 3.5 times. The average content of total iron in almost all communities was within the norm, except for the Lubarsk community, where its average content exceeded the norm by 1.8 times. Hard water was found in the territories of Vilshanska, Novoguyvinska and Oliivska communities, as the total hardness index exceeded 7 mmol/dm³ on average. In the drinking water of Hlybochytsk and Teterivsk communities, acidification of drinking water is observed on average, as the pH indicator in these territories was slightly below the established standard. A good ecological condition was recorded in the territory of Volitska community, the worst condition was in Oliivska, the condition of the territories of the rest of the studied communities was assessed as satisfactory.

Key words: united territorial communities, drinking water, pH, nitrates, total iron, total hardness, rural settlements, ArcGIS.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ У МЕЖАХ ОТГ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС	9
1.1. ОТГ як інструменти керування якістю життя сільського населення	9
1.2. Якість підземних питних вод	10
1.3. Особливості здійснення картографування показників якості питної води	12
1.4. Висновки до розділу	13
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА І УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	14
2.1. Програма досліджень	14
2.2. Методика проведення досліджень	15
2.3. Характеристика об'єкту досліджень	16
РОЗДІЛ 3. ГІС ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ТА УПРАВЛІННЯ ГРОМАДАМИ У СФЕРІ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	17
3.1. Групування об'єднаних територіальних громад за їх основними характеристиками	17
3.2. Оцінка якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання ОТГ з використанням ГІС	20
3.3. Оцінка екологічного стану територій сільських населених пунктів у межах ОТГ на основі показників якості питної води	25
3.4. Висновки до розділу	28
ВИСНОВКИ	29
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	31
ДОДАТКИ	37

ВСТУП

Актуальність досліджень. Якість прісної води наразі є головним обмежуючим фактором стійкого розвитку багатьох країн усього світу. Оцінка якості води завжди була домінуючою частиною управління якістю навколишнього середовища.

Підземні води набули глобального значення завдяки своїм багатомірним внескам, таким як підтримка середовища існування, підтримання якості базового стоку в річках, і перш за все, споживання людиною. Порівняно із поверхневими водами підземні вважаються більш чистими через різні природні механізми очищення у ґрунті, включаючи іонний обмін, фільтрацію та аеробне розкладання. Це є однією із причин надмірного видобутку та споживання цього природного ресурсу у напівсільських та сільських районах у всьому світі [34].

Деградація підземних вод відбувається в основному через зміну параметрів їх якості за межі природних коливань через внесення або видалення різних речовин [45]. Міська, сучасна сільськогосподарська та промислова діяльність, а також збільшення кількості розчинених хімічних речовин становлять серйозну загрозу для цього ресурсу [21]. Крім того, пожежі, зсуви та інші поверхневі процеси, які збільшують або зменшують швидкість інфільтрації та вплив води, що рухається вниз, на поверхню ґрунту або скельну оболонку, також можуть впливати на якість ґрунтових вод [41].

Таким чином, якість води визначається залежно від її цільового та бажаного використання, для чого встановлюються різні стандарти, які підтримуються шляхом постійного моніторингу якості води, що є найважливішим кроком в управлінні водними ресурсами не тільки для існування людини, а й для цілісності цілих екосистем.

Підземними водами необхідно ретельно керувати, щоб підтримувати їх чистоту у стандартних межах, оскільки вони є крихкими і важливим

джерелом питної води. Донедавна для оцінки підземних вод використовувалися лише лабораторні дослідження, але запровадження географічної інформаційної системи (ГІС) дасть змогу дуже спростити інтеграцію баз даних. ГІС може бути потужним інструментом для розробки рішень щодо якості води, проблем водних ресурсів, визначення водності та управління водними ресурсами у регіональному та місцевому масштабах. Оцінка якості підземних вод за допомогою картографування просторового розподілу для різних забруднювачів із використанням ГІС-технологій може бути корисною для органів місцевого самоврядування об'єднаних територіальних громад щодо вжиття заходів для якісного водопостачання та водозабезпечення населення питною водою.

Мета та завдання досліджень. Таким чином, метою даного дослідження є оцінка екологічного стану сільських населених пунктів на основі показників якості питної води з використанням ГІС в умовах об'єднаних територіальних громад нового укрупненого Житомирського району.

Для досягнення поставленої мети передбачалось розв'язання таких завдань:

- здійснити групування ОТГ нового укрупненого Житомирського району за їх основними характеристиками;
- провести картографування громад за рівнем показнику рН, вмістом нітратів, заліза загального та жорсткості у питній воді за допомогою програмного забезпечення ArcGIS;
- оцінити екологічний стан територіальних громад за показниками якості питної води.

Об'єкт дослідження – особливості картографування результатів якості питної води із джерел нецентралізованого водопостачання об'єднаних територіальних громад.

Предмет дослідження – питна вода, сільські населені пункти, ОТГ, індекс розвитку сільських населених пунктів.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи були використані загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: аналітичний, порівняльно-розрахунковий і картографічний.

Наукова новизна одержаних результатів: вперше проведено групування громад Житомирського району за показниками якості питної води за допомогою програмного забезпечення ArcGIS.

Практичне значення отриманих результатів. Дослідження проходили в рамках науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (№ ДР 0120U104233). Результати дослідження можуть бути використані державними органами, органами місцевого самоврядування, керівництвом ОТГ для покращення ситуації із питним водопостачанням на регіональному та місцевому рівнях.

Апробація досліджень. Результати досліджень були апробовані у фаховому науковому виданні категорії «Б» «Аграрні інновації» № 13, 2022 (Додаток А) і представлені на V-й студентській конференції «Магістерські читання-2022», 02 грудня 2022 р., Житомир (Додаток Б).

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ У МЕЖАХ ОТГ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

1.1. ОТГ як інструменти керування якістю життя сільського населення

Дієвим способом вирішення проблеми ефективного управління ресурсами сільських селітебних територій та покращення якості життя сільського населення є реформа децентралізації, внаслідок якої об'єднані територіальні громади отримали повноваження та ресурси для підвищення якості життя сільського населення і є відповідальними перед ним за формування безпечного середовища існування.

Наразі, роздрібненість та нечисленність більшості громад, які є фінансово не спроможними та не мають ресурсів, призвела до нагальної необхідності укрупнення районів, які необхідно об'єднувати природно, щоб вони були спроможними бути життєздатними. Зокрема, в усіх європейських країнах розподіл повноважень відповідальностей відбувається за принципом базової влади, яка є у «адміністративно-територіальної одиниці» [7].

В умовах децентралізації основним напрямом є соціально-екологічно-економічний розвиток сільських територій. Це процес обширного відтворення розвитку об'єднаних територіальних громад в усіх сферах, спрямований на їх оптимізацію з метою раціонального використання природних ресурсів та зниження антропогенного впливу на довкілля [14].

Серед екологічних інструментів розвитку сільських територій слід виділити: екологічний аудит, екологічний моніторинг; екологічна сертифікація; екологічна стандартизація; екологічна паспортизація сільських територій, що сприяють розвитку біотехнологій, поширенню органічного виробництва та зменшенню деструктивного впливу на навколишнє середовище [14].

Таким чином, перед органами самоврядування громад постають нові можливості та відповідальності. Стає зрозумілим, що рівень добробуту мешканців громади залежить не тільки від наявності на території громади природних та інших ресурсів, а й від того наскільки повністю та ефективно їх використовувати.

1.2. Якість підземних питних вод

Підземні води є життєво важливим джерелом прісної води як у міських, так і в сільських регіонах світу. Однак її необдуманий забір і стрімке зростання забруднення становлять серйозну загрозу для сталого водопостачання в усьому світі [35]. Якість води невід’ємно пов’язана зі здоров’ям людини, зменшенням бідності, гендерною рівністю, продовольчою безпекою, засобами до існування та збереженням екосистем, а також економічним зростанням і соціальними розвитком наших суспільств [49]. Підземні води, які є більш надійним джерелом прісної води, відчувають величезний тиск, задовольняючи потреби у воді для зростаючого населення планети, особливо сільських населених пунктів.

Посилення урбанізації, індустріалізації та сільськогосподарської діяльності негативно вплинуло на якість як поверхневих, так і підземних вод у всьому світі. Рухаючись через ґрунт підземні води розчиняють джерела забруднювачів та інших речовин, які розповсюджуються як антропогенний забруднювач. Залишки важких металів у підземних водах пов’язані із промисловою, транспортною та будівельною промисловістю [29], а також із методами ведення сільського господарства, що негативно впливають на довкілля [9]. Крім того, використання добрив та пестицидів приводить до накопичення у ґрунті мікроелементів, що можуть надходити у підземні води [50].

Доведено, що приблизно 65 % підземних вод у світі використовується у питних цілях, тоді як 20 і 15 % підземних вод використовуються сільським

господарством та промисловістю відповідно [16]. Придатність підземних вод до пиття залежить, в основному, від їх якості. В Україні більшість сільських мешканців використовують воду із колодязів та свердловин, оскільки підземні води вважаються найбільш безпечним джерелом водопостачання, яким можна самостійно управляти. Проте, якість підземних вод швидко погіршується через геологічну та антропогенну діяльність [20]. Ресурси підземних вод в країні дуже вразливі через антропогенну діяльність, а саме, сільське господарство, землекористування, агротехніка та промисловість. Залишки забруднювачів пестицидів та агрохімікатів, що використовуються на сільськогосподарських угіддях, надходять у ґрунтові води шляхом вилуговування та переносяться у водойми шляхом прямого стоку, ерозії ґрунту та аерозольного змиву [17].

Одним із найбільших джерел забруднення довкілля у сільській місцевості є відсутність централізованого водовідведення та стихійні звалища [44]. У країнах східної і центральної Європи через неадекватне управління стічними водами і відсутність систем очистки стічних вод проникнення їх у ґрунтові є серйозною проблемою [33].

Недостатнє водопостачання є ключовою проблемою у 21 столітті. Проблема нестачі води погіршується у сільських районах та, за оцінками, 11 % усього населення світу все ще не мають доступу до безпечної води, 84 % з яких мешкають у сільській місцевості [23].

Таким чином, встановлено, що забруднення підземних вод через різні причини, може привести до неякісної питної води, скороченню кількості джерел води, високої вартості очистки води, високої вартості альтернативних джерел води і захворюваності населення. Крім того, забруднення підземних вод також може серйозно загрожувати економічному розвитку та соціальному процвітанняю.

1.3. Особливості здійснення картографування показників якості питної води

Картографування показників якості питної води з використанням ГІС є корисним інструментом для управління якістю води. ГІС і дистанційне зондування широко використовувались багатьма дослідниками в усьому світі, зокрема у Тунісі [21], Палестині [43], Греції [27], Індії [35] тощо.

Інтеграція даних дистанційного зондування у середовище ГІС широко використовувалось для вивчення ресурсів підземних вод у посушливих умовах, а також для розуміння динаміки підземних вод і контролю розлому потоку підземних вод [15, 30, 39, 40]. Основні використання ГІС у дослідженнях підземних вод включають картографування та аналіз придатності, оцінку уразливості стоку підземних вод та їх якості, що об'єднані із просторовими даними [28, 37, 38, 42]. ГІС також використовували для вивчення забруднення підземних вод та географічних взаємозв'язків між характеристиками підземних вод, джерелами забруднення, землекористуванням, топографією та геологією [25]. У результаті досліджень, що ґрунтувалися на ГІС, встановлено, що забруднення ґрунтових вод нітратами виникає внаслідок щільної культивування, що вважається можливим джерелом погіршення їх якості [36]. Карти небезпек забруднення підземних вод та якості води були складені з використанням аналітичних інструментів ГІС в Італії [22]. ГІС та багаторівневий статистичний аналіз були використані для дослідження факторів, що контролюють якість підземних вод та їх придатність до вживання та зрошення у дельті Західного Нілу в Єгипті [18].

Удосконалення ГІС та просторового аналізу допомагає інтегрувати дані лабораторного аналізу з географічними даними та моделювати просторовий розподіл параметрів якості води, найбільш надійно і точно.

1.4. Висновки до розділу

Таким чином, здійснивши аналітичний огляд літератури із досліджуваних питань, нами були зроблені такі висновки:

- утворення об'єднаних територіальних громад виникло внаслідок реформи децентралізації, основною метою якої є передача повноважень та фінансових ресурсів від державних органів до органів місцевого самоврядування та покладання на них відповідальності за якість та комфорт життя сільського населення;
- якість питних підземних вод є нагальною проблемою усього людства, оскільки цього безпосередньо залежить добробут та здоров'я сільського населення;
- картографування аналітичних досліджень питних підземних вод дає змогу швидко виявити зони із низькою або високою якістю води та використовувати ці дані для наукових досліджень, а також для прийняття ґрунтовних управлінських рішень щодо покращення якості питної води.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення досліджень

Кваліфікаційна робота виконувалась на кафедрі екології Поліського національного університету. Для успішного виконання досліджень була запропонована така програма досліджень:

- разом із науковим керівником визначитись із тематикою досліджень;
- встановити актуальність, мету, завдання, об'єкт, предмет та наукову новизну досліджень;
- провести аналітичний огляд літератури з метою більш глибокого і ширшого пізнання проблематики досліджень;
- визначити місце проведення досліджень;
- дати характеристику об'єкту досліджень;
- проаналізувати результати отриманих аналітичних досліджень щодо якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів об'єднаних територіальних громад нового укрупненого Житомирського району;
- за допомогою програмного забезпечення ArcGIS здійснити групування громад за основними їх характеристиками: кількість населених пунктів, площа та чисельність населення;
- здійснити картографування громад за показниками якості питної води, а саме: за рівнем рН, вмістом нітратів, заліза загального та жорсткості;
- розрахувати індекс розвитку сільських населених пунктів за показниками якості питної води та зобразити їх графічно;
- на основі отриманих результатів зробити відповідні висновки та розробити практичні рекомендації щодо підвищення рівня екологічної безпеки питного водопостачання в умовах ОТГ.

2.2. Методика проведення досліджень

Для оцінки екологічного розвитку сільських селітебних територій використовували методику, що наведена у праці Пустовіт І. М. [12]. З цією метою використовували традиційну п'яти бальну шкалу (рис. 2.1), відповідно до якої ухвалюється рішення про першочерговість у покращенні ситуації.



Рис. 2.1. Шкала оцінювання рівня екологічного розвитку сільських територій

Інтегральний показник розвитку розраховується за такими показниками якості води: рівень рН, вміст нітратів, заліза загального та жорсткості, використовуючи нормативні величини, що наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Опорна таблиця для визначення екологічного стану сільських територій за показниками якості питної води [12]

Показник	Екологічний стан сільського населеного пункту				
	1 Дуже поганий	2 Незадовільний	3 Задовільний	4 Добрий	5 Відмінний
рН	>8,5 <6,0	6,0-8,5	6,0-8,0	6,5-8,5	6,5-7,0
Вміст нітратів, мг/дм ³	>50,0	10,0-50,0	7,1-10,0	5,0-7,0	<5,0
Вміст заліза загального, мг/дм ³	>2,0	1,0-2,0	0,3-1,0	0,2-0,3	<0,2
Твердість загальна*, ммоль/дм ³	>7,0	5,1-7,0	3,1-5,0	1,5-3,0	<1,5

*Примітка: * - введення даного показника запропоновано авторами даного дослідження*

2.3. Характеристика умов проведення досліджень

У результаті адміністративно-територіальної реформи, яка відбулася 17 липня 2020 року [13], Житомирський район був укрупнений, внаслідок чого до його складу повністю або частково увійшли території 12 районів та місто обласного значення Житомир [11]. Чисельність населення укрупненого району наразі становить 622,8 тис. осіб.

У рамках досліджень були відібрані зразки питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських та міських населених пунктів у межах міських, селищних та сільських об'єднаних громад, що знаходяться на території нового укрупненого Житомирського району (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Основні характеристики територіальних громад Житомирського району

[5]

Громада	Кількість населених пунктів, шт	Площа громади, км ²	Чисельність населення, осіб
<i>Міські громади</i>			
Житомирська	2	91,5	265126
<i>Селищні громади</i>			
Любарська	48	757	26281
Новогуйвинська	24	435,5	23741
Пулинська	40	528,4	13640
Черняхівська	37	538,4	20156
<i>Сільські громади</i>			
Березівська	16	229	2559
Вільшанська	12	163,2	5466
Волицька	8	162,2	6224
Глибочицька	13	184,8	10821
Оліївська	21	302,5	10641
Станишівська	21	286,1	15128
Тетерівська	15	295,8	10264

РОЗДІЛ 3

ГІС ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ТА УПРАВЛІННЯ ГРОМАДАМИ У СФЕРІ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

3.1. Групування об'єднаних територіальних громад за їх основними характеристиками

Відповідно до Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» територіальна громада – це жителі, об'єднані постійним проживанням у межах села, селища, міста, що є самостійними адміністративно-територіальними одиницями, або добровільне об'єднання жителів кількох сіл, селищ, міст, що мають єдиний адміністративний центр [10]. Якщо адміністративним центром об'єднаної територіальної громади є місто, то така громада визначається як міська, якщо є центром є селище, то громада визначається як селищна, якщо центром є село, то - сільська.

Внаслідок реформи децентралізації у Житомирській області відбувся перерозподіл районів, які були укрупнені. Наразі на території області створено 4 адміністративно-територіальні одиниці, найбільшою з яких є Житомирський район (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Основні характеристики нових районів Житомирської області [5]

Назва району	Кількість територіальних громад	Кількість населених пунктів	Площа територіальних громад, км ²	Кількість мешканців громад
Бердичівський район	10	162	3014	161462
Житомирський район	31	684	10508,2	618111
Коростенський район	13	529	10892,2	258935
Новоград-Волинський район	12	293	5237,3	169704

Для проведення досліджень, що стосувались оцінки розвитку сільських населених пунктів на основі показників якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання були обрані об'єднані територіальні громади Житомирського району.

У рамках досліджень були відібрані зразки питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських та міських населених пунктів у межах таких об'єднаних громад:

- міські: Житомирська міська громада;
- селищні: Любарська, Новогуївинська, Пулинська та Черняхівська територіальні громади;
- сільські: Березівська, Вільшанська, Волицька, Глибочицька, Оліївська, Станишівська і Тетерівська об'єднані територіальні громади.

Групування та картографічне зображення громад було проведено за кількістю населених пунктів у громаді (рис. 3.1), їх площі (рис. 3.2) та кількістю населення, що проживають у громадах (рис. 3.3).

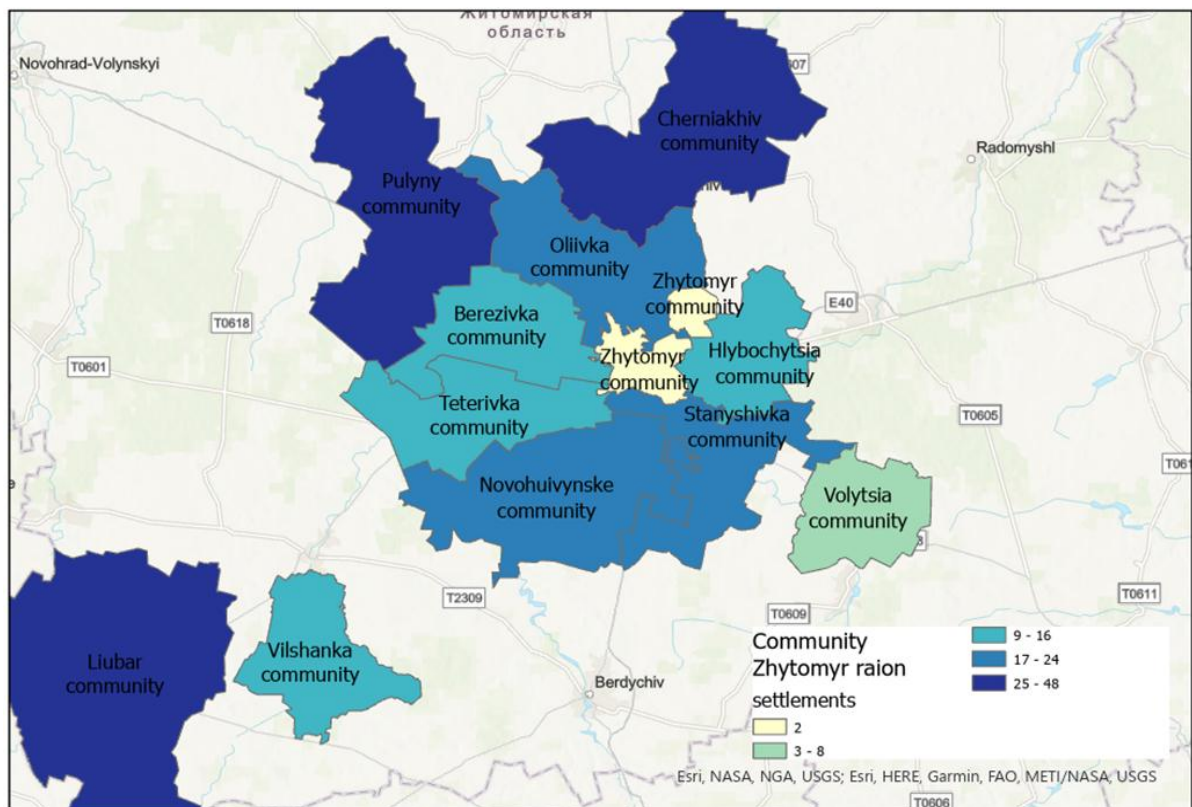


Рис. 3.1. Розподіл громад Житомирського району за кількістю населених пунктів, шт

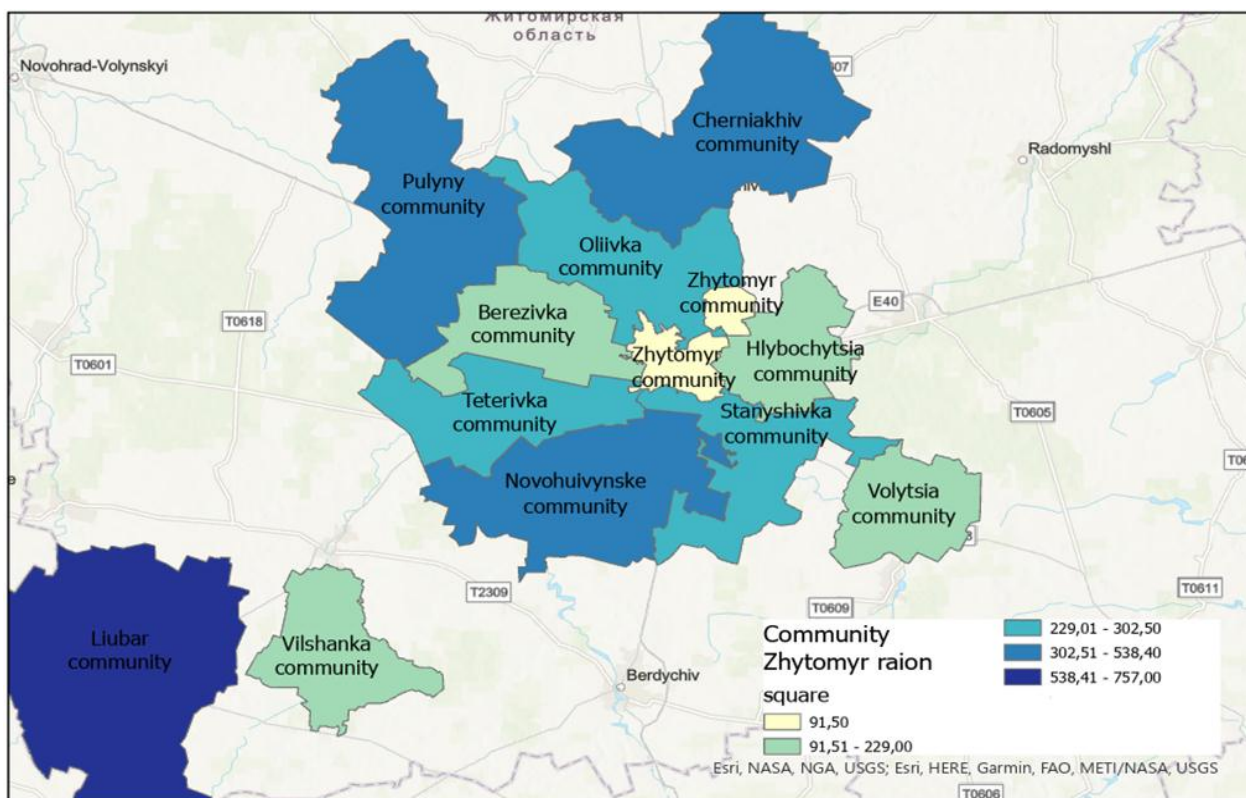


Рис. 3.2. Розподіл громад Житомирського району за площею, км²

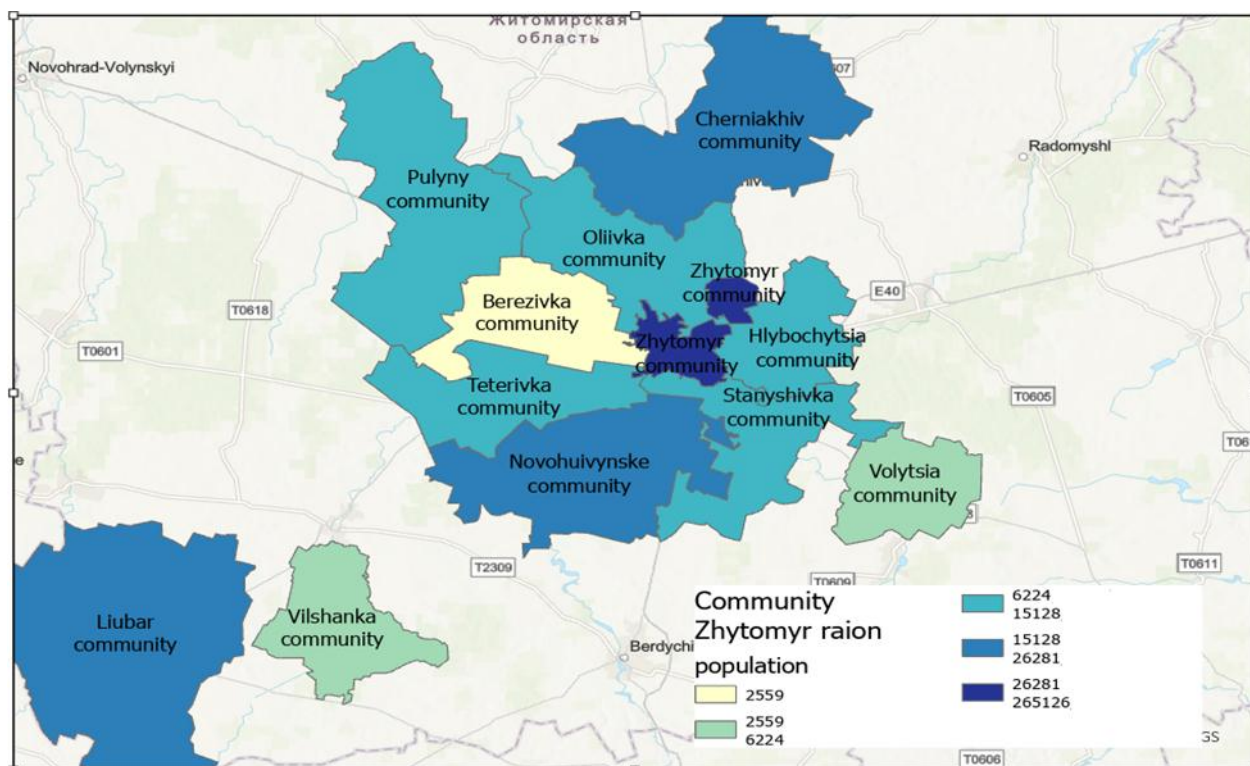


Рис. 3.3. Розподіл громад Житомирського району за кількістю населення, осіб

Найменшу кількість населених пунктів зареєстровано у Житомирській громаді, а найбільшу їх кількість виявлено у Любарській громаді. Пулинська та Черняхівська громади займають третє місце за кількістю населених пунктів (рис. 3.1).

За площею найбільшою є Любарська громада, яка займає 757 км², а найменшою - Житомирська громада, площа якої становить лише 91,5 км² (рис. 3.2).

За кількістю населення перше місце займає Житомирська міська громада, друге місце належить Любарській, Новогуївській та Черняхівській громадам, а найменша кількість населення зафіксована у Березівській громаді (рис. 3.3).

Таким чином, найчисельнішою за кількістю населення є Житомирська громада, а за кількістю населених пунктів та площею – Любарська громада.

3.2. Оцінка якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання ОТГ з використанням ГІС

Як зазначалось раніше, від якості питної води залежить здоров'я та якість життя людини, особливо це стосується мешканців сільських селітебних територій. Відсутність систем централізованого водопостачання та водовідведення на таких територіях змушує місцевих жителів до використання у побуті води із джерел нецентралізованого водопостачання, яка досить часто не відповідає стандартам якості.

Передача повноважень та фінансів від державної влади до громадян, сільським, селищним та міським радам відбулася у рамках децентралізації влади, що має на меті надання коштів та широких можливостей для вирішення нагальних місцевих питань [8].

Оскільки від якості питної води безпосередньо залежить стан здоров'я сільського населення, а об'єднані територіальні громади наразі здатні

спрямовувати кошти на вирішення першочергових завдань, то успіх досягнення Глобальних Цілей Сталого розвитку, зокрема й стратегічної цілі № 6 «Чиста вода та належні санітарні умови», у значній мірі залежатиме від впровадження ефективних заходів саме на місцевому та регіональному рівнях [2].

Використання принципів картографування результатів аналітичних досліджень дасть змогу швидко визначити місцезнаходження найбільш і найменш підходящої для питних цілей води. А карти з високою або низькою якістю води можуть легко використовуватись науковцями та органами місцевого самоврядування ОТГ.

Рівень показнику рН у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів коливався у межах 6,4-7,4 одиниці рН. У Глибочицькій та Тетерівській громадах у середньому спостерігається підкислення питної води, оскільки водневий показник на цих територіях знаходився трохи нижче за встановлений норматив. У воді решти громад середній рівень показнику рН зафіксовано у межах нормативу, а його перевищень не виявлено у жодній із досліджуваних громад (рис. 3.4).

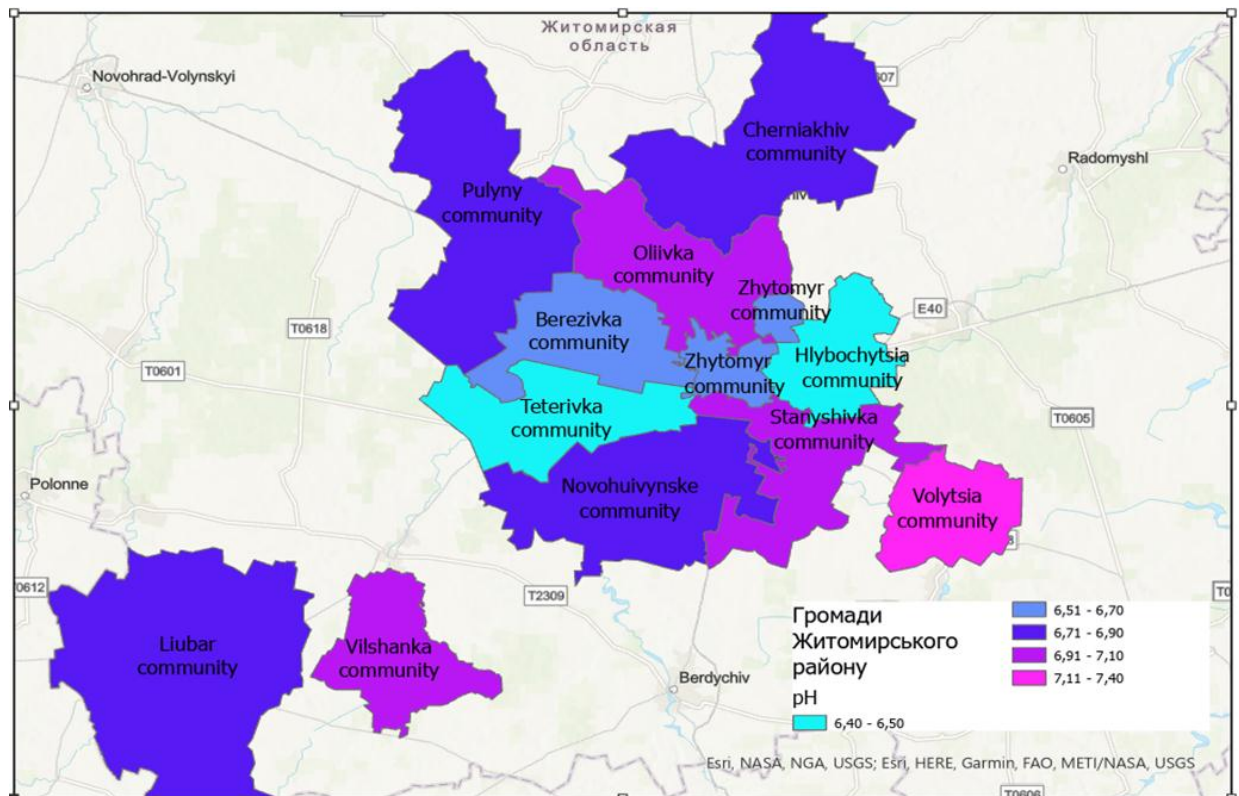


Рис. 3.4. Розподіл громад за показником рН питної води

Наразі не існує достовірних досліджень стосовно впливу рН на стан здоров'я людини, проте невідповідність його рівня нормативу може свідчити про проблеми системах виробництва та розподілу води, які можуть нести небезпеку для здоров'я людини [49].

Середній вміст нітратів у питній воді у всіх досліджуваних громадах перевищував установлений норматив та коливався у межах 68-175 мг/дм³ при дозволеному вмісті 50 мг/дм³. Найбільш критична ситуація склалася на територіях Волицької, Оліївської та Черняхівської громади, де перевищення вмісту нітратів у середньому становило від 2,7 до 3,5 рази (рис. 3.5).

Проблема забруднення питної води нітратами особливо гостро постає для сільської місцевості. Внаслідок забруднення ґрунтів токсичними речовинами, які надходять із органічними і мінеральними добривами, хімічними засобами захисту рослин та порушення правил гігієни та санітарії місць життєдіяльності людини, виникає перевищенням вмісту нітратів у питних підземних водах, що може негативно вплинути на здоров'я людини.

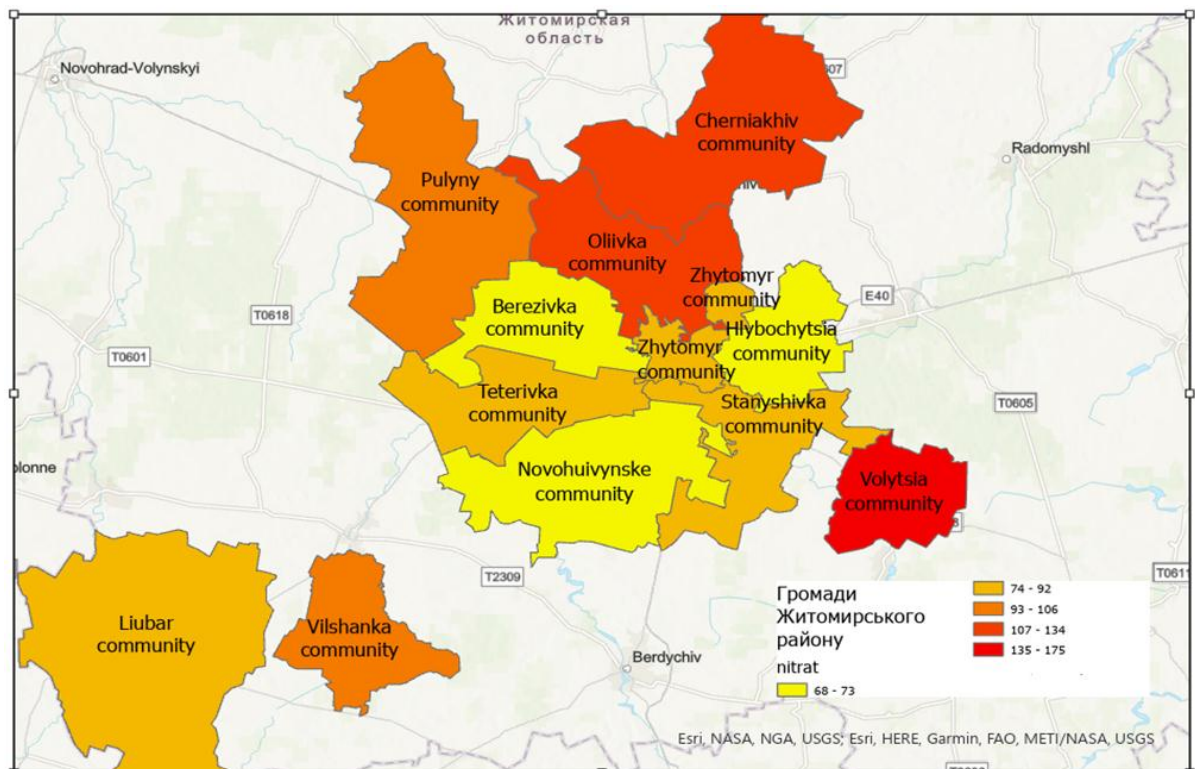


Рис. 3.5. Середній вміст нітратів у питній воді, мг/дм³

Вміст нітратів у питній воді є лімітуючим показником, оскільки їх вплив на організм людини є досить суттєвим. Доведено, що окрім метгемоглобінемії, до небезпечних наслідків для здоров'я людини від постійного надходження нітратів із питною водою є колоректальний рак, захворювання щитоподібної залози та дефекти нервової трубки. Крім того, підвищений ризик для здоров'я людини може виявлятися навіть при споживанні води, із вмістом нітратів, нижчим за норматив [48]. Тому, контролювання вмісту нітратів у питній воді є надзвичайно важливою ланкою у забезпеченні екологічної безпеки водопостачання.

Нормативний вміст заліза загального у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання установлений на рівні 1 мг/дм³. Перевищення середнього вмісту заліза зафіксовано лише для сільських населених пунктів Любарської громади, де він установлений на рівні 1,8 мг/дм³. Найменша кількість заліза було виявлено у воді джерел нецентралізованого водопостачання Волицької та Вільшанської громад (рис. 3.6).

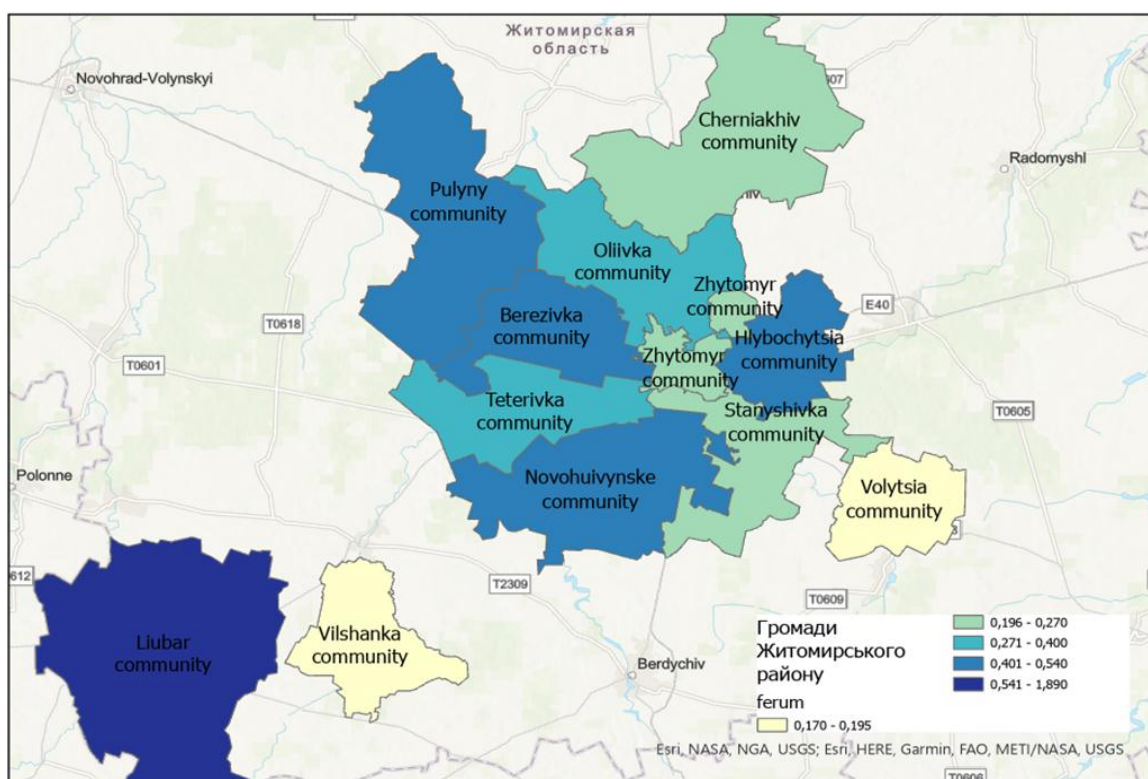


Рис. 3.6. Середній вміст заліза загального у питній воді, мг/дм³

Залізо – це елемент, що зустрічається найбільш часто у природі серед інших та за поширеністю у земній корі займає друге місце серед металів та є досить важливим елементом для здоров'я людини [32]. Однак, в останні роки дослідників цікавить питання негативного впливу високих рівнів заліза у питній воді на стан здоров'я людини. Доведено, що постійне споживання води з підвищеним вмістом заліза може бути пов'язано із такими небезпечними явищами як хвороби Паркінсона, Хантінгтона, Альцгеймера, серцево-судинні захворювання, гіперкератоз, цукровий діабет, зміни пігментації, захворювання нирок, печінки, респіраторних та неврологічних розладів [26].

Загальна жорсткість характеризує наявність у воді розчинених солей кальцію та магнію (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо). Варіювання показника твердості води як показника її фізіологічної повноцінності, має бути у межах від 1,5 до 7,0 ммоль/дм³. Перевищення показника жорсткості зафіксовано у питній воді сільських населених пунктів Вільшанської, Новогуївинської та Оліївської громад (рис. 3.7).

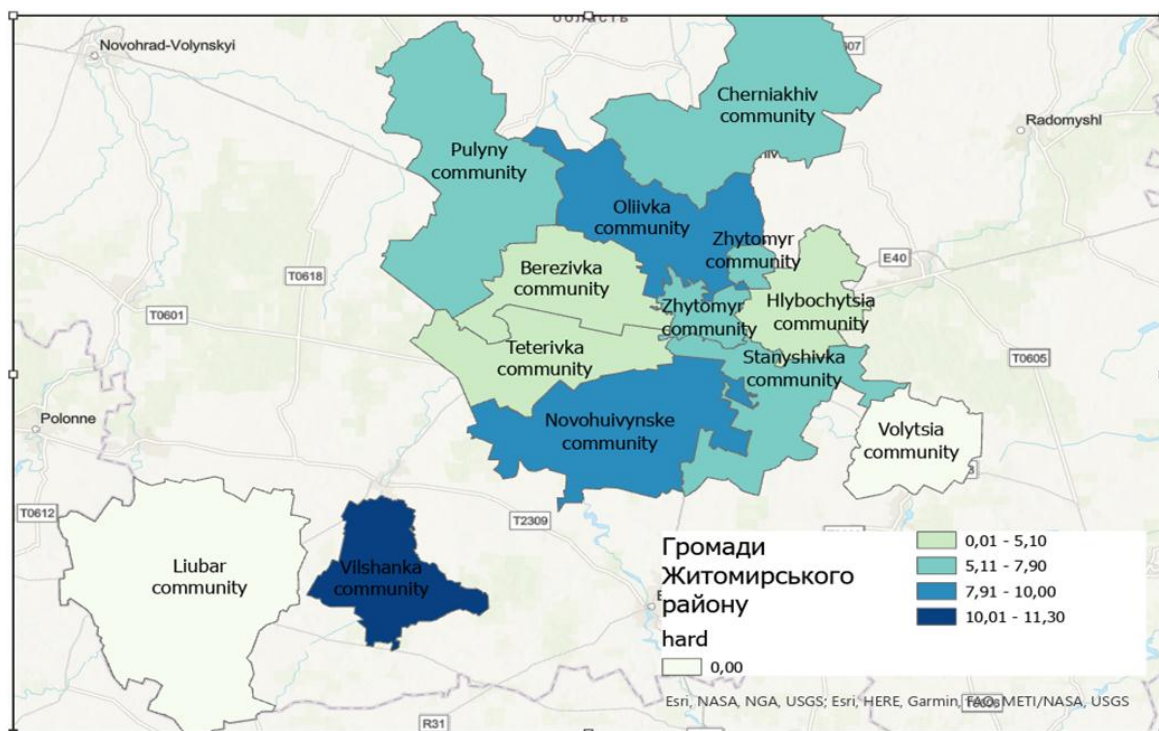


Рис. 3.7. Середня твердість питної води, ммоль/дм³

За твердістю воду класифікують таким чином: до 1,5 ммоль/дм³ – дуже м'яка вода, 1,5-4,0 – м'яка, 4,0-8,0 – середня твердість води, 8,0-12,0 – тверда і більше 12 ммоль/дм³ дуже тверда вода. Доведено високий кореляційний зв'язок між підвищеною твердістю і сечокам'яною хворобою та захворюванням нирок у населення [46].

3.3. Оцінка екологічного стану територій сільських населених пунктів у межах ОТГ на основі показників якості питної води

Сталий розвиток сільських селітебних територій передбачає процес якісних змін, які спрямовані на стабільне соціально-економічне підвищення сіл, зріст ефективності сільської економіки та рівня якості життя сільського населення та впроваджуються шляхом реалізації комплексу економічних, соціальних та екологічних заходів як на державному, так і на місцевому рівнях [1]. Одним із найбільш впливових заходів вважаються екологічні, оскільки від них залежать і соціальні, і економічні умови та якість життя сільського населення.

Для забезпечення стійкого екологічно безпечного функціонування та розвитку сільських населених пунктів одним із основних природних ресурсів є наявність та якісний стан питної води. Для оцінювання екологічного стану сільських селітебних територій за показниками якості питної води були обрані такі показники: рН, нітрати, залізо загальне, твердість загальна.

За показником рН у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання майже усі досліджувані громади мають відмінний екологічний стан, а у 75 % досліджуваних громад кількість балів за водневим показником становить 5. Лише на території Волицької та Оліївської громад показник рН оцінено у 4 бали, а у Тетерівській у 3 бали (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Кількість балів, присвоєні громадам, за показниками якості питної води
[4]**

Громада	Кількість балів за відповідними показниками			
	pH	нітрати	залізо	твердість
Житомирська	5	1	4	1
Любарська	5	1	2	-
Новогувинська	5	1	3	1
Пулинська	5	1	3	1
Черняхівська	5	1	4	1
Березівська	5	1	3	3
Вільшанська	5	1	5	1
Волицька	4	1	5	-
Глибочицька	5	1	3	2
Оліївська	4	1	3	1
Станишівська	5	1	4	1
Тетерівська	3	1	3	3

Оскільки середній вміст нітратів у питній воді сільських населених пунктів досліджуваних територіальних громад у всіх випадках перевищував нормативний (рис. 3.5), то, відповідно, кожній громаді було присуджено лише 1 бал, що свідчить про дуже поганий екологічний стан (табл. 3.2).

Середній вміст заліза загального нижче нормативу, який наведено у ДСТУ 7525:2014, виявлено лише у питній воді Вільшанської та Волицької громад (рис. 3.6), що відповідає 5 балам. Середній вміст заліза у межах Житомирської, Черняхівської та Станишівської громад, варіював у межах від 0,2 до 0,3 мг/дм³, за що їм було присуджено 4 бали. На територіях 50 % громад була встановлена задовільна якість питної води за вмістом заліза – 3 бали, і лише на території Любарської громади середній вміст заліза був вищим за 1,0 мг/дм³, що відповідає 2-м балам (табл. 3.2).

Твердість води у середньому була вищою за 7,0 ммоль/дм³ на територіях 70 % досліджуваних громад (рис. 3.7), що відповідає 1-му балу. 2

бали було отримано лише Глибочицькою громадою, а 3 – Березівською та Тетерівською (табл. 3.2).

Отже, можна стверджувати, що на зниження рівня індексу екологічного розвитку сільських селітебних територій найбільше впливають показники вмісту у питній воді нітратів та її загальна жорсткість (табл. 3.2) [4].

Таким чином, провівши оцінку екологічного стану сільських територій за показниками якості питної води встановлено, що сумарна кількість балів варіювала у межах 2,5-3,3 бала (рис. 3.8). Більшість досліджуваних громад мають задовільний стан територій та їм необхідно приділити увагу.

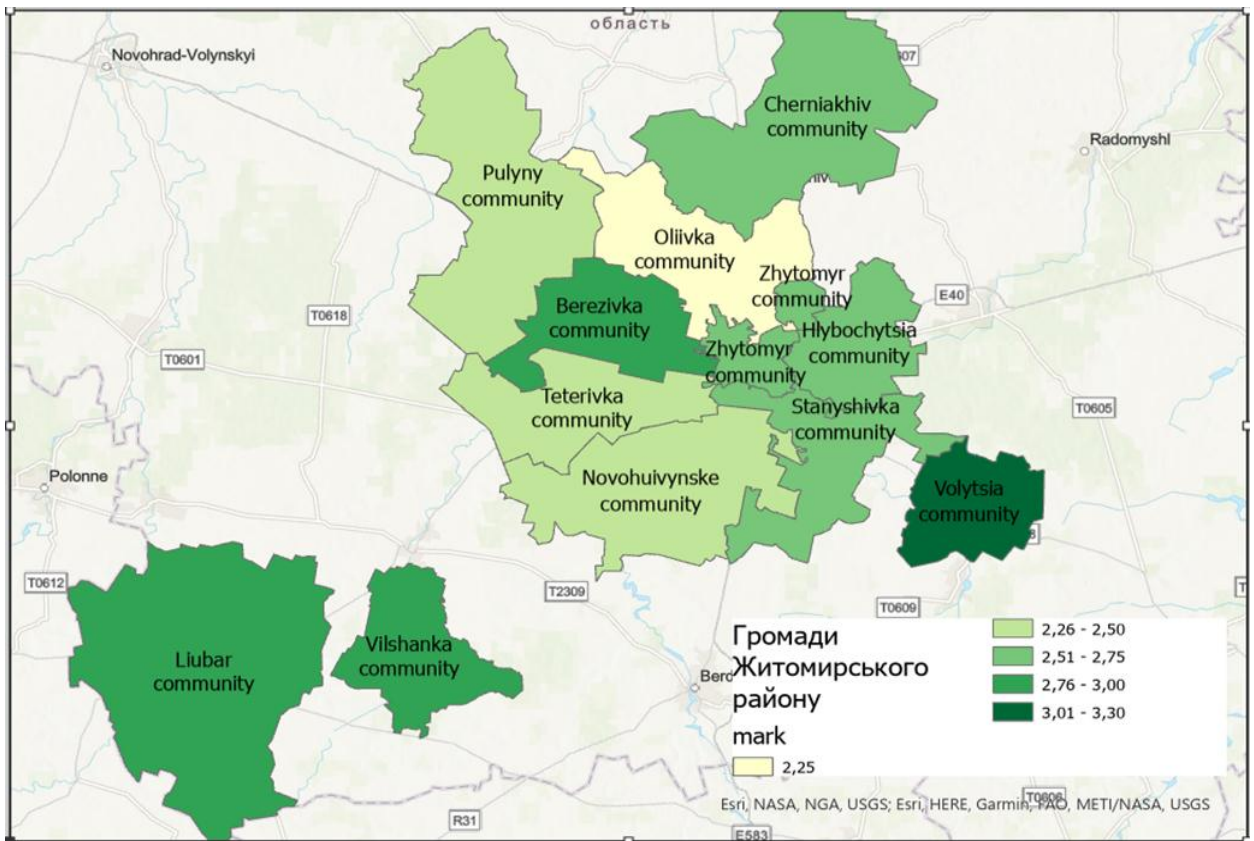


Рис. 3.8. Екологічний стан громади за показниками якості питної води, бал

Найбільшу кількість балів (3,3) отримала Волицька громада, що є характерним для доброго стану територій щодо якості питної води та потребує деякого покращення (рис. 3.8).

3.4. Висновки до розділу

Таким чином, встановлено, що екологічний стан територій усіх досліджуваних громад є задовільним, оскільки сумарна кількість балів варіювала у межах від 2,5 до 3,3 бала. Добрий екологічний стан сільських населених пунктів встановлено на території Волицької громади, де сумарна кількість балів була 3,3. Найгірший екологічний стан зафіксовано в Оліївській громаді, оскільки сумарна кількість балів тут становила 2,25 та пов'язано із наднормативним вмістом у воді нітратів та твердості загальної.

ВИСНОВКИ

Здійснення екологічної оцінки стану сільських селітебних територій за показниками якості питної води із джерел нецентралізованого водопостачання, спонукало нас до наведення нижче наведених висновків:

- Серед досліджуваних громад найменшу кількість населених пунктів зареєстровано у Житомирській громаді, а найбільшу - у Любарській. За площею найбільшою є Любарська громада, а найменшою - Житомирська громада. Найбільшу кількість населення зафіксовано у Житомирській громаді, а найменшу – у Березівській громаді.

- У питній воді Глибочицької і Тетерівської громад у середньому спостерігається підкислення питної води, оскільки водневий показник на цих територіях знаходився трохи нижче за встановлений норматив. Середній вміст нітратів у питній воді всіх досліджуваних громад перевищував установлений норматив та коливався у межах 68-175 мг/дм³. Середній вміст заліза загального на рівні 1,8 мг/дм³, що перевищує норматив в 1,8 раз виявлено у питній воді Любарської громади. Жорстка вода була виявлена на територіях Вільшанської, Новогуївинської та Оліївської громад, де показник загальної жорсткості у середньому перевищував 7 ммоль/дм³.

- На території Волицької громади встановлено добрий екологічний стан, найгірший зафіксовано в Оліївській громаді, а стан решти сільських населених пунктів, що об'єднані у громади оцінено як задовільний.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для покращення стану питного водопостачання на території громади необхідним є розробка та впровадження «Плану покращення стану питного водопостачання», який має ґрунтуватися на послідовному виконанні 5-ти обов'язкових етапів, кількість яких може бути збільшена залежно від певних умов. Обов'язковими етапами є: збір загальної інформації про стан сільських населених пунктів громади, аналітичні дослідження стану якості питної води, здійснення SWOT-аналізу системи водопостачання, визначення стратегічних цілей і розгляд плану та його затвердження.

Також пропонуємо введення до переліку показників якості питної води з метою розрахунку індексу екологічного стану сільських населених пунктів її твердість, оскільки вона суттєво впливає на якість, а її ранжування необхідно проводити відповідно до ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», що відображає вимоги Європейської директиви.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богданов Д. С. Завдання сталого розвитку сільських територій. *Агросвіт*. 2017. № 7. С. 60-62.
2. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О. Екологічна оцінка стану питної води у межах об'єднаних територіальних громад укрупненого Житомирського району. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2021. Вип. 35. С. 37-47.
3. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О. Екологічна оцінка стану підземних вод Бердичівського району Житомирської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2021. № 4. С. 11-16.
4. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Башинський І. В. Оцінка екологічного стану сільських селітебних територій в умовах сталого розвитку. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 215-221. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13>.
5. Громади Житомирської області : Децентралізація. URL: <https://decentralization.gov.ua/areas/0412/gromadu>.
6. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Чинний від 2010.05.12. Київ, 2010. (Інформація та документація). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
7. Лагодієнко В. В., Боднар О. А. Вплив соціально-економічного розвитку села на рівень життя сільського населення регіону. *Економіст*. 2012. № 2. С. 50-51. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2012_2_18.
8. Навіщо децентралізація? URL: <https://decentralization.gov.ua/about>.
9. Палапа Н. В. Оцінка сільських селітебних територій за якістю питної води. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 4. С. 41-47.
10. Про місцеве самоврядування : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text>.

11. Про утворення та ліквідацію районів : Постанова Верховної Ради України від 17.07.2020 р. № 807-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/807-IX#Text>.
12. Пустовіт І. М. Методика визначення екологічно-соціальної оцінки територій сільських населених пунктів України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2013. № 1(37). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013_1/13pim.pdf.
13. Райони Житомирської області. URL: <https://decentralization.gov.ua/en/new-rayons/zhytomyrska>.
14. Хомюк Н. Механізм диверсифікації розвитку сільських територій в умовах децентралізації. *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки*. 2019. №3. С. 112-120.
15. Abotalib A. Z., Heggy E. Groundwater mounding in fractured fossil aquifers in the Saharan–Arabian desert. In: Conference of the Arabian Journal of Geosciences. Springer, Cham. 2019. pp 359–362.
16. Adimalla N., Venkatayogi S., Das S. Assessment of fluoride contamination and distribution: a case study from a rural part of Andhra Pradesh, India. *Appl Water Sci*. 2019. 9:1–15. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0968-y>.
17. Aravinna P., Priyantha N., Pitawala A., Yatigamma SK. Use pattern of pesticides and their predicted mobility into shallow groundwater and surface water bodies of paddy lands in Mahaweli river basin in Sri Lanka. *J Environ Sci Health B*. 2017. 52:37–47. <https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1229445>
18. Armanuos A. M., Negm A. M. GIS-based spatial distribution of groundwater quality in the Western Nile Delta, Egypt. In: Negm A (ed) The Nile Delta. The handbook of environmental chemistry. 2016. vol 55. Springer, Cham, pp 89–119. https://doi.org/10.1007/698_2016_66.
19. Assessment of drinking water quality within amalgamated territorial communities / R. Valerko, L. Herasymchuk, Y. Hurskyi, A. Pavlenko. *Environmental Problems*. 2021. Vol. 6, Num. 4. P. 201-211.

20. Assessment of the impact of organic agriculture on nitrate content in drinking water in rural settlements of Ukraine / L. D. Romanchuk, R. A. Valerko, L. O. Herasymchuk, M. M. Kravchuk. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, № 2. P. 17-26. doi: 10.15421/2021_71.
21. Aydi W., Saidi S., Chalbaoui M., Chaibi S., Ben Dhia H. Evaluation of the groundwater vulnerability to pollution using an intrinsic and a specific method in a GIS environment: application to the Plain of Sidi Bouzid (Central Tunisia). *Arab. J. Sci. Eng.* 2013. 38. 1815–1831.
22. Ducci D. GIS techniques for mapping groundwater contamination risk. *Nat Hazards*. 2019. 20(2–3):279–294. <https://doi.org/10.1023/A:1008192919933>.
23. Drinking Water: Key Facts. Geneva: World Health Organization, 2018.
24. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
25. Farrag A. E. A., Megahed H. A., Darwish M. H. Remote sensing, GIS and chemical analysis for assessment of environmental impacts on rising of groundwater around Kima Company, Aswan, Egypt. *Bull Natl Res Centre*. 2019. 43:14. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0056-3>.
26. Farina, M., Avila, D. S., Teixeira da Rocha, J. B., Aschner, M. (2013). Metals, oxidative stress and neurodegeneration: A focus on iron, manganese and mercury. *Neurochemistry International*, Vol. 62, Iss. 5, pp. 575-594. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2012.12.006>.
27. Gamvroula D., Alexakis D., Stamatis G. Diagnosis of groundwater quality and assessment of contamination sources in the Megara basin (Attica, Greece). *Arab. J. Geosci.* 2013. 6(7). 2367–2381.
28. Hamed S., Abbas A., Mahmood Y., Ali A. M., Fazlollah C. K. Data on assessment of groundwater quality for drinking and irrigation in rural area Sarpol-e Zahab city, Kermanshah Province, Iran. *Data Brief*. 2018. 17:148–156. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.12.061>.

29. Hegazy D., Abotalib Z., El-Bastaweesy M., Al-Said M., Melegy A., Garamoon H. Geo-environmental impacts of hydrogeological setting and anthropogenic activities on water quality in the Quaternary aquifer southeast of the Nile Delta, Egypt. *Afr Earth Sci.*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103947>.
30. Hussien H. M., Kehew A. E., Aggour T., Korany E., Abotalib A. Z., Hassanein A., Morsy S. An integrated approach for identification of potential aquifer zones in structurally controlled terrain: Wadi Qena basin, Egypt. *CATENA*. 2017. 149:73–85.
31. International Initiative on Water Quality. International Hydrological Programme, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2015. Paris, France.
32. Iron in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva : WHO, 2003. 9 p.
33. Janža M., Prestor J., Pestotnik S., Jamnik B. Nitrogen mass balance and pressure impact model applied to an urban aquifer. *Water*. 2020. 12(4), 1171.
34. Kannan N., Sabu J. Quality of groundwater in the shallow aquifers of a paddy dominated agricultural river basin, Kerala, India. *World Acad. Sci. Eng. Technol.* 2009. 52, 475–493.
35. Kumar S., Thirumalaivasan D. Radhakrishnan, N.: GIS based assessment of groundwater vulnerability using Drastic model. *Arab. J. Sci. Eng.* 2014. 39(1). 207–216.
36. Levallois P., Thériault M., Rouffignat J., Tessier S., Landry R., Ayotte P., Girard M., Gingras S., Guavin D., Chiasson C. Groundwater contamination by nitrates associated with intensive potato culture in Québec. *Sci Total Environ.* 1998. 217:91–101. [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(98\)00191-0](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(98)00191-0).
37. Megahed H. A., Farrag A. E. A. Groundwater potentiality and evaluation in the Egyptian Nile Valley: case study from Assiut Governorate using hydrochemical, bacteriological approach, and GIS techniques. *Bull Natl Res Centre*. 2019. 43:48. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0091-0>.

38. Mohammad S. M. T., Janardhana M. R., Mohamed M. A. Hydrochemical processes and groundwater quality assessment in North eastern region of Jordan valley, Jordan. *HydroResearch*. 2019. 2:129–145. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.02.001>.
39. Mohamed L., Sultan M., Ahmed M., Zak A., Sauck W., Soliman F., Yan E., Elkadiri R., Abouelmagd A. Structural controls on groundwater flow in basement terrains: geophysical, remote sensing, and field investigations in Sinai. *Surv Geophys*. 2015. 36(5):717–742.
40. Paul R., Brindha K., Gowrisankar G. et al. Identification of hydrogeochemical processes controlling groundwater quality in Tripura, Northeast India using evaluation indices, GIS, and multivariate statistical methods. *Environ Earth Sci*. 2020. 78:470. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8479-6>.
41. Sargaonkar A., Deshpande V. Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. *Environ. Monit. Assess*. 2003. 89. 43–67.
42. Satyajit K. G., Ajaykumar K. K., Ritish R. R., Akanksha S. K., Vasant M. W., Vinash M. K., Suryakant P. G., Ramdas B. M., Namdev J. P., Kishor D. K. Assessment of the groundwater geochemistry from a part of west coast of India using statistical methods and water quality index. *HydroResearch*. 2020. 3:48–60. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.04.001>.
43. Shomar B., Fakher S.A., Yahya A. Assessment of groundwater quality in the Gaza Strip, Palestine using GIS mapping. *J. Water Resour. Prot*. 2010. 2. 93–104.
44. Schuler M. S., Cañedo-Argüelles M., Hintz W. D., Dyack B., Birk S., Relyea R. A. Regulations are needed to protect freshwater ecosystems from salinization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2019. 374(1764), 20180019.
45. Todd D.K. *Groundwater Hydrology*. USA, New York, 2001.

46. Turbinsky V. B., Maslyuk A. A. Health risks for the population of chemical composition drinking water. *Hygiene and Sanitation*. 2011. № 2. C. 23-27.

47. Valerko R. A., Herasymchuk L. O. Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory Based on drinking water quality indicators. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions : Collective monograph. Riga : Izdevniecība “Baltija Publishing”, 2020. P. 80–97. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-45-7.5>.

48. Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., De Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., Villanueva, C. M., Van Breda, S. G. (2018). Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15, 1557. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>.

49. What to Know about the pH of Drinking Water : Svalbardi. URL: <https://svalbardi.com/blogs/water/ph>.

50. Zwolak A., Sarzyńska M., Szpyrka E. et al. Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: a review. *Water Air Soil Pollut.* 2020. 230:164. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4221-y>.