

---

# БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

---

УДК 628.1.033:626.22:628.161.1

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.1>

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ СІЛЬСЬКИХ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ

Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Ємець А.В., Піциль А.О.

Поліський національний університет  
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир  
[valerko\\_ruslana@ukr.net](mailto:valerko_ruslana@ukr.net), [gerasim4uk@ukr.net](mailto:gerasim4uk@ukr.net),  
[anatoliy.yemets@gmail.com](mailto:anatoliy.yemets@gmail.com), [pitsil.uk@gmail.com](mailto:pitsil.uk@gmail.com)

Забезпечення безпечною та якісною питною водою мешканців сільських населених пунктів, які використовують власні колодязі, свердловини та природні джерела для господарсько-питного водопостачання, потребує комплексного підходу до оцінки якості питних підземних вод із використанням ГІС-технологій. Дослідження проходили у 129 населених пунктах 12-ти об'єднаних територіальних громад Житомирського району, де відбирались зразки питної води джерел нецентралізованого водопостачання із подальшим їх аналізуванням у вимірвальній лабораторії Поліського національного університету та створенням геоінформаційних моделей із застосуванням програмного пакету ArcGIS Pro. Об'єктом дослідження була питна вода джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів, а предметом – геоінформаційні моделі якості води.

Доведено, що середній рівень показнику рН в жодному досліджуваному населеному пункті не виходив за межі нормативу. Максимальна межа показнику рН на рівні 12,5 була виявлена у колодязній воді с. Некраші Оліївської громади. Середня концентрація нітратів у питній воді з нецентралізованих вододжерел перевищувала норматив у 1,4–3,5 рази, зокрема у воді Пулинської, Черняхівської, Вільшанської, Волицької та Оліївської громад зафіксовано перевищення ліміту більше двох ГДК, а максимальний їх вміст на рівні 660 мг/дм<sup>3</sup> зафіксовано у колодязній воді с. Вереси Житомирської громади. Середній рівень заліза загального не перевищував установленого нормативу і лише у сільських населених пунктах Любарської громади зафіксовано середній вміст заліза загального, що перевищував норматив понад 1,9 рази.

Отримані результати досліджень та створені на їх базі моделі можуть бути використані органами самоврядування досліджуваних громад для інформування населення щодо якості питної води та розроблення Плану покращення стану питного водопостачання з метою підвищення рівня екологічної безпеки питної води. *Ключові слова:* питна вода, громади, рН, нітрати, залізо загальне, ГІС.

### Geoinformation models of drinking water quality of rural settlement areas. Valerko R., Herasimchuk L., Yemets A., Pitsil A.

Providing safe and high-quality drinking water to residents of rural settlements who use their own wells, boreholes and natural springs for domestic drinking water supply requires a comprehensive approach to assessing the quality of drinking groundwater using GIS technologies. Research was carried out in 129 settlements of 12 united territorial communities of Zhytomyr district, where samples of drinking water were taken from sources of non-centralized water supply, followed by their analysis in the Measurement Laboratory of Polissia National University and creation of geo-informational models using the ArcGIS Pro software package. The object of the study was drinking water from sources of non-centralized water supply in rural settlements, and the subject was geo-information models of water quality.

It was proved that the average level of the pH indicator in no studied settlement did not exceed the standard. The maximum limit of the pH indicator at the level of 12.5 was found in the well water of the village. The best of the Oliivka community. The average concentration of nitrates in drinking water from non-centralized water sources exceeded the standard by 1.4–3.5 times, in particular, in the water of Pulyny, Chernyakhiv, Vilshanka, Volitska, and Oliivka communities, exceeding the limit by more than two MPCs was recorded, and their maximum content was at the level of 660 mg/dm<sup>3</sup> recorded in the well water of the village. The heathers of the Zhytomyr community. The average level of total iron did not exceed the established norm, and only in the rural settlements of the Lyubar community was recorded the average content of total iron, which exceeded the norm by more than 1.9 times.

The obtained research results and the models created on their basis can be used by self-governing bodies of the studied communities to inform the population about the quality of drinking water and to develop a Plan for improving the state of drinking water supply in order to increase the level of ecological safety of drinking water. *Key words:* drinking water, communities, pH, nitrates, total iron, GIS.

**Постановка проблеми.** Безпечне та достатнє водопостачання є важливим фактором у підтримці здоров'я людини, і тому доступ до чистої питної води сьогодні є одним із основних прав людини. Забезпечення загального доступу до безпечної питної води та санітарії є пріоритетом глобальної політики розвитку, як проголошено в шостій Цілі сталого розвитку [1]. Наразі, більше ніж 700 міль-

йонів людей, в основному країн, що розвиваються, не мають доступу до покращених джерел водопостачання та засобів санітарії [2].

Не виключенням у цьому сенсі є й Україна, де станом на початок 2020 року централізованим водопостачанням було забезпечено 99% міст, 91,2% селищ міського типу та лише 26,9% сільських населених пунктів. Ще гіршою є ситуація із централізованим

водовідведенням, оскільки ним забезпечено 96,6% міст, 63,7% селищ міського типу і тільки 1,8% сільських населених пунктів [3].

**Актуальність дослідження.** На сучасному етапі розвитку цивілізації великий інтерес викликають геоінформаційні системи, завдяки яким можна отримати ефективні управлінські рішення у багатьох галузях людської діяльності. Проблема питного водопостачання сільських селітебних територій наразі потребує залучення автоматизованих засобів та інструментів, що відкривають перед дослідниками досить широкі можливості, а тому використання спеціалізованих прикладних програм, розроблених на основі геоінформаційних технологій, підвищує актуальність проведених досліджень.

**Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями.** Перевага підземних вод полягає у тому, що їх можна відводити у будь-якому місці, не використовуючи при цьому складну інженерну мережу та трубопроводи. Крім того, вважається, що підземні води є набагато чистішими та якіснішими за поверхневі. Проте, внаслідок підвищення антропогенного впливу на довкілля, який проявляється у інтенсивному веденні сільського господарства, розвитку промисловості та розміщенні і складуванні відходів, досить часто якість підземних вод не відповідає нормативам через присутність у них забруднюючих речовин, таких як нітрати, нітроти, залізо, сульфати, хлориди, важкі метали тощо. Забруднення води джерел нецентралізованого водопостачання сільських селітебних територій може відбуватися внаслідок внесення великої кількості мінеральних та органічних добрив як у межах приватних домогосподарств, так і поза ними, на територіях фермерських підприємств. Дослідження є частиною науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (державний реєстраційний № 0120U104233), результати якого та створені на їх базі моделі можуть бути використані органами самоврядування об'єднаних громад для інформування населення щодо якості питної води та розроблення Плану покращення стану питного водопостачання з метою підвищення рівня екологічної безпеки питної води.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Визначення якості води привертає увагу багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених. Джерела нецентралізованого водопостачання мають важливе значення для забезпечення водою сільського населення [4]. Низька екологічна культура сільського населення, в результаті якої має місце безконтрольне використання добрив, засобів захисту рослин, велика кількість стічних вод, зумовлює мікробіологічне та хімічне забруднення водних джерел [5; 6; 7]. Основними забруднювачами води джерел нецентралізованого водопостачання є мікроорганізми, органічні речовини та важкі метали. Особливе занепо-

коєння викликає забруднення води нітратами [8; 9]. Характеризуючись збагаченістю токсичними елементами, вода має незадовільну якість, стає непридатною для пиття, а потенційні загрози здоров'ю людей від її споживання стають значною екологічною проблемою.

ГІС-технології використовуються для визначення якості води, в тому числі з нецентралізованого водопостачання. Кількість та якість поверхневих і підземних вод оцінювали за допомогою методів ГІС в Іспанії [10], Китаї [11] і на півдні Індії [12]. Оцінка якості підземних вод та їх придатності для зрошення на основі ГІС була проведена в сільських поселеннях Ірану [13]. Оцінювання ресурсів підземних вод на території Об'єднаних Арабських Еміратів [14], а також їх вразливості у Індії [15] проводили із застосуванням ГІС-інструментів.

Проте, поки що невелика кількість досліджень присвячені оцінці якості питної води із застосуванням ГІС-технологій, зокрема й у межах сільських населених пунктів Житомирської області [16; 17], що й зумовило вибір саме цієї теми дослідження.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна.** Таким чином, для гарантованого забезпечення безпечною та якісною питною водою мешканців сільських населених пунктів необхідним є потреба у комплексному підході до оцінки якості питних підземних вод із використанням ГІС-технологій. Враховуючи вище викладене, дослідження оцінки якості води джерел нецентралізованого водопостачання, які розташовані у сільських населених пунктах та використання геоінформаційних технологій, є актуальними і потребують детального вивчення.

Отже, метою дослідження є створення геоінформаційних моделей якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання об'єднаних територіальних громад Житомирського району.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Дослідження проходили на території об'єднаних територіальних громад нового укрупненого Житомирського району Житомирської області. 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, Новогуйвинська, Пулинська та Черняхівська територіальні громади;
- сільські: Березівська, Вільшанська, Волицька, Глибочицька, Оліївська, Станишівська і Тетерівська об'єднані територіальні громади.

Аналітичні дослідження якості питної води проводили на базі Вимірювальної лабораторії Поліського національного університету за такими показниками: рН, вміст нітратів, заліза загального та загальної твердості, які визначали за загальноприйнятими

методиками. Отримані результати порівнювали із стандартами, що діють на території України, а саме: ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до якості води, призначеної до споживання людиною» [18].

Отримані результати аналітичних досліджень були згруповані у відповідні бази даних спостереження та апробування і стали основою для створення геоінформаційних моделей досліджуваних

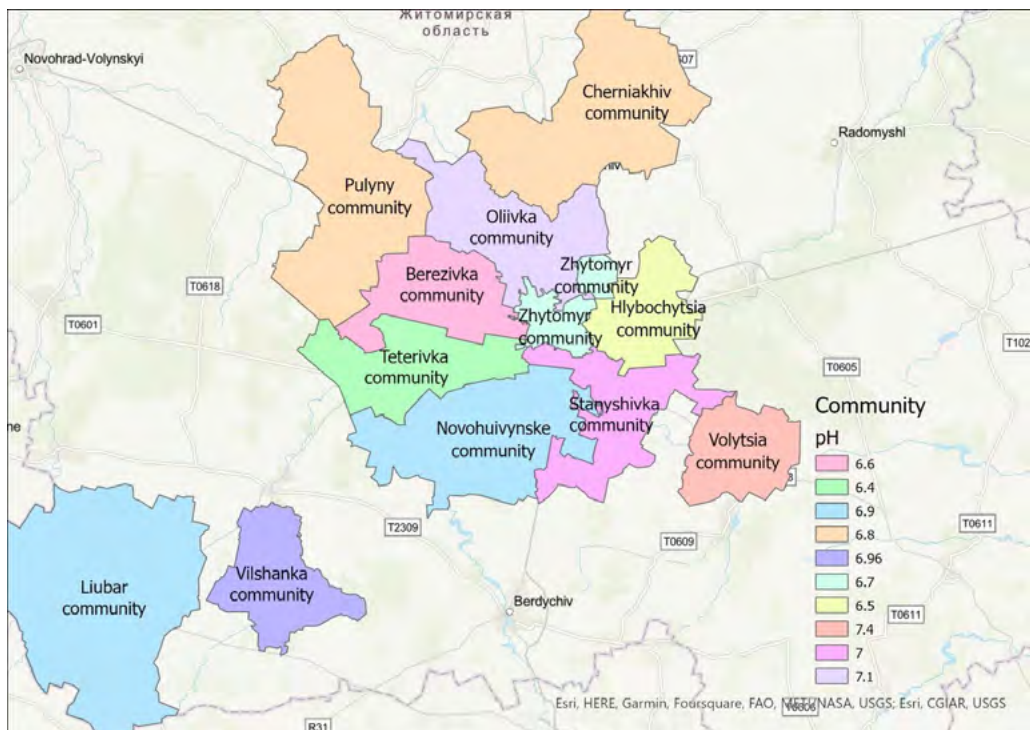


Рис. 1. Рівень показнику рН у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання досліджуваних громад, одиниці рН

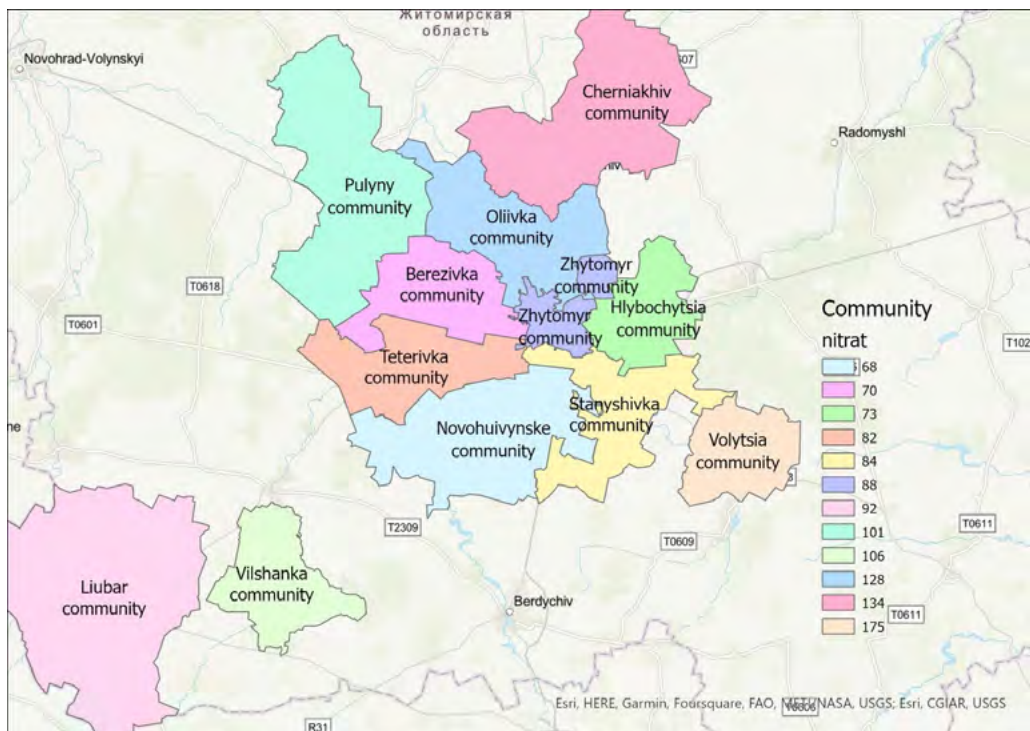


Рис. 2. Вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання досліджуваних громад, мг/дм<sup>3</sup>

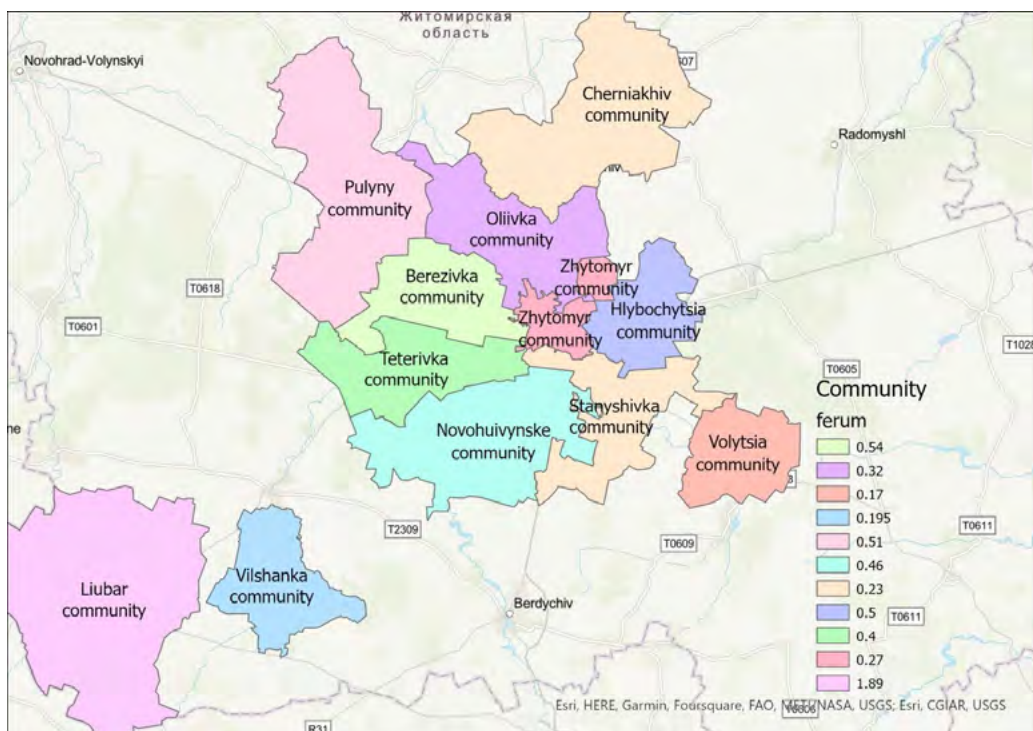


Рис. 3. Вміст заліза загального у питній воді досліджуваних громад, мг/м<sup>3</sup>

об'єктів. Побудова банку геоданих та вихідних карт за результатами дослідження здійснено із застосуванням програмного пакету ArcGIS Pro (розробник ESRI, США), який дає можливість доступу та управління геопросторовими даними у локальній мережі або через інтернет, містить велику кількість інструментів для їх обробки та забезпечує геокодування великих обсягів картографічних даних, що придатні для опрацювання їх у пакетному режимі.

**Викладення основного матеріалу.** У результаті досліджень виявлено, що в середньому у жодній із досліджуваних громад не було виявлено невідповідності нормативам за показником рН. Проте, майже у всіх громадах, крім Любарської, Вільшанської та Волицької, спостерігаються випадки зниження показника рН до 5,45, тобто відбувається підкислення води. Підвищення рН до 12,5 одиниць було зафіксовано у воді колодязю Некрашівської гімназії, що знаходиться у с. Некраші Оліївської громади (рис. 1).

Середній вміст нітратів у питній воді усіх досліджуваних громад перевищує норматив (50 мг/дм<sup>3</sup>) від 1,4 раза у Новогуївській громаді до 3,5 раза у Волицькій. Максимальний вміст нітратів на рівні 660 мг/дм<sup>3</sup> було зафіксовано у колодязній воді населеного пункту Вереси, що входить до складу Житомирської міської громади. Загалом же максимальна концентрація нітратів варіювала у межах 167–660 мг/дм<sup>3</sup>, а мінімальна – 0,508–2,06 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2).

Відповідно до показника перевищення середнього вмісту нітратів у питній воді було проведено

групування громад. Таким чином, встановлено, що перевищення вмісту нітратів від 1,1 до 2 разів зафіксовано у сімох громадах, а перевищення ГДК більше двох разів виявлено у п'яти громадах (табл. 1).

Таблиця 1  
Групування громад за показником перевищення середнього вмісту нітратів у питній воді

Перевищення нормативу	Громади
1,1–2,0 ГДК	Житомирська, Любарська, Новогуївська, Березівська, Глибочицька, Станишівська, Тетерівська
2,1–5,0 ГДК	Пулинська, Черняхівська, Вільшанська, Волицька, Оліївська

Середній вміст заліза загального у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання територіальних громад перевищував норматив, наведений у ДСанПіН, який становить 1 мг/дм<sup>3</sup>, лише у сільських населених пунктах Любарської громади у 1,9 раза (рис. 3).

Здійснюючи відбір проб води та оглядаючи території, де знаходяться криниці, і спілкуючись з місцевими жителями обстежуваних сільських населених пунктів, виявлено незадовільну якість води джерел нецентралізованого водопостачання, що пов'язано із специфічними джерелами забруднення та низьким рівнем екологічної культури місцевих жителів. Хаотична забудова присадибних ділянок, облаштування без урахування вимог санітарного законодавства на незначній відстані від джерел децентралізо-



ваного водопостачання вигрібних ям, гноєсховищ, компостних ям, надвірних вбиралень, приміщень для утримання худоби та птахів, внесення у ґрунт азотних мінеральних добрив у надмірних кількостях із порушенням регламентів їх застосування у комплексі з неналежним санітарним і технічним доглядом – причини сучасної деградації якості води джерел нецентралізованого водопостачання.

Відповідальність за управління водними ресурсами джерел нецентралізованого водопостачання покладається на їх власників, у яких часто виникають ілюзії щодо їх контролю та якості води, і в результаті чого недооцінюють ризики забруднення. Сприйняття якості води в джерелах нецентралізованого водопостачання є важливим для прийняття рішень та заходів щодо її покращення та запобігання забрудненню. Проте, такі рішення та заходи повинні впроваджува-

тися не лише на індивідуальному рівні, а й на рівні сільських, селищних рад та об'єднаних територіальних громад [17].

**Висновки.** Таким чином, використання геоінформаційних систем та створення за їх допомогою геоінформаційних моделей стану питних підземних вод сільських селітебних територій дають можливість отримати ефективні управлінські рішення щодо створення та підвищення рівня безпечного водопостачання об'єднаних територіальних громад. Тому, подальшими дослідженнями мають бути створення аналогічних моделей усіх громад Житомирської області.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати досліджень можуть бути використані місцевим населенням та органами самоврядування для покращення стану питного водопостачання сільських населених пунктів.

### Література

1. Глобальні Цілі Сталого розвитку: 2015–2030 / ООН. URL: <https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/sustainable-development-goals.html>.
2. Diseases and risks / WHO. URL: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/en](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/en).
3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році / Міністерство розвитку громад та територій України. Київ, 2020. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/nacjonalna-dopovid-za-2019-rik.pdf>.
4. Perceptions of drinking water quality from private wells in Alberta: A qualitative study / A. Munene, J. Lockyer, S. Checkley, D. C. Hall. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*. 2019. Vol. 44, Issue 3. P. 291–306. doi: 10.1080/07011784.2019.1601599.
5. Mena-Rivera L., Quiros-Vega J. Assessment of drinking water suitability in low income rural areas: a case study in Sixaola, Costa Rica. *Journal of Water and Health*. 2018. Vol. 16, Issue 3. P. 403–413. doi: <https://doi.org/10.2166/wh.2018.203>.
6. Lee D., Murphy H. M. Private Wells and Rural Health: Groundwater Contaminants of Emerging Concern. *Current environmental health reports*. 2020. Vol. 7, Iss. 2. P. 129–139. doi: 10.1007/s40572-020-00267-4. PMID: 31994010.
7. Hejaz B., Al-Khatib I. A., Mahmoud N. Domestic groundwater quality in the Northern Governorates of the West Bank, Palestine. *Journal of environmental and public health*. 2020. Vol. 1. P. 1–6. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/6894805>.
8. 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 : Baltija Publishing, 2020. P. 80–97. doi: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-45-7.5>.
9. Ecological assessment of vegetable products grown in the city of Zhytomyr and its residential suburb / R. A. Valerko, L. O. Herasymchuk, G. M. Martenyuk, M. M. Kravchuk. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8(1). P. 927–938. doi: 10.15421/2018\_295.
10. GIS-based models for water quantity and quality assessment in the Júcar River Basin, Spain, including climate change effects / J. Ferrer, M. A. Pérez-Martín, S. Jiménez et al. *Science of the Total Environment*. 2012. Vol. 440. P. 42–59. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.08.032.
11. Yan Bao-wen, Li Yang. GIS-based study on spatial variability of groundwater quality in Xianyang City. *2011 International Symposium on Water Resource and Environmental Protection*. 2011. P. 48–52. doi: 10.1109/iswrep.2011.5892942.
12. Rawat K. S., Singh S. K. Water Quality Indices and GIS-based evaluation of a decadal groundwater quality. *Geology, Ecology, and Landscapes*. 2018. Vol. 2, № 4. P. 240–255. doi: 10.1080/24749508.2018.1452462.
13. Groundwater quality assessment for irrigation purposes based on irrigation water quality index and its zoning with GIS in the villages of Chabahar, Sistan and Baluchistan, Iran / A. Abbasnia, M. Radfard, A. H. Mahvi et al. *Data in Brief*. 2018. Vol. 19. P. 623–631. doi: 10.1016/j.dib.2018.05.061.
14. Assessment of groundwater quality for irrigation in the arid regions using irrigation water quality index (IWQI) and GIS-Zoning maps: Case study from Abu Dhabi Emirate, UAE / M. Batarseh, E. Imreizeeq, S. Tilev et al. *Groundwater for Sustainable Development*. 2021. Vol. 14. Article 100611. doi: 10.1016/j.gsd.2021.100611.
15. Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC model in Nangasai River Basin, India with special emphasis on agricultural contamination / A. Bera, B. P. Mukhopadhyay, P. Chowdhury et al. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 214. Article 112085. doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112085.
16. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Кравчук А. А. ГІС як інструмент управління та контролю стану нецентралізованого водопостачання у межах громад. *Екологічні науки*. 2022. № 41 (2). С. 27–31.
17. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Романчук Л. Д. ГІС як інструмент контролю та управління у сфері нецентралізованого водопостачання у межах ОТГ : монографія. Житомир : Поліський національний університет, 2022. 165 с.
18. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-05-12]. Київ : МОЗ України, 2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.