

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗАДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

А. В. Гєнова¹, С. А. Бігдан¹, В. М. Шмандій¹, О. В. Харламова¹, Т. Є. Ригас¹¹Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

УДК 504.054

DOI: 10.52363/2522-1892.2023.1.4

Отримано: 20 березня 2023

Прийнято: 27 квітня 2023

Cite as: Hienova A., Bigdan S., Shmandiy V., Kharlamova O., Rigas T. (2023). Implementation of an integrated monitoring system to ensure the environmental safety of water resources. *Technogenic and ecological safety*, 13(1/2023), 27–30. doi: 10.52363/2522-1892.2023.1.4

Анотація

Забруднення підземних вод є надзвичайною екологічною проблемою України. Підземні води використовуються для питних та промислових потреб, а також для зрошення сільськогосподарських угідь. Особливої актуальності набуває відповідність гігієнічним вимогам хімічного складу води у воєнний час, адже підземні води є стратегічним джерелом питного водопостачання населення. Моніторинг та управління підземними водами є важливими аспектами забезпечення екологічної безпеки України. Для вирішення проблеми забруднення водних ресурсів доцільно проводити постійний моніторинг якості води, особливо поблизу промислових підприємств та полігонів твердих побутових відходів.

Існуючі в Україні системи моніторингу не завжди ефективні і не дозволяють отримати повну та точну інформацію про стан підземних вод. З метою організації комплексного управління водними ресурсами розглянуто можливість створення інтегрованої системи моніторингу, яка поєднує різні методи та технології, щоб отримати більш повну інформацію про стан водних ресурсів та ефективно управляти ними. Проведено огляд проблеми забруднення підземних вод України. Проаналізовано існуючі методи моніторингу підземних вод, виявлено їх переваги та недоліки. Розглянуто поточний стан моніторингу підземних вод в Україні. Надана характеристика інтегрованої системи моніторингу підземних вод, її ролі в ефективному управлінні підземними водами та запобіганні забрудненню водних ресурсів, а також розглянуто можливість застосування інтегрованої системи моніторингу в Україні. Запропоновано використання датчиків моніторингу, які вимірюють в режимі реального часу параметри води, що просочується з зони аерації до зони насичення. Зроблено висновок про роль інтегрованої системи моніторингу підземних вод у вирішенні проблеми забруднення водних ресурсів та запропоновано рекомендації щодо впровадження цієї системи у практику, а також обґрунтовано перспективу подальшого розвитку досліджень у галузі моніторингу підземних вод України.

Ключові слова: управління підземними водами, моніторинг, інтегровані системи, екологічна безпека.

Постановка проблеми.

Стрімкий розвиток промисловості спричинив досить складну ситуацію щодо якості водних ресурсів України. Зростання техногенного навантаження на навколишнє природне середовище призвело до того, що водні ресурси зазнали забруднення. Підземні води широко використовуються у господарсько-питних потребах людини, а також застосовуються в лікувальних цілях. Їх забруднення призвело до погіршення якості питної води, зниження врожайності сільськогосподарських культур та підвищення вартості промислової продукції через зростання витрат на очищення води. Така ситуація негативно впливає на стан життєдіяльності населення, призводить до деградації екосистем та знищення біорізноманіття, оскільки багато видів тварин та рослин залежать від чистоти водних ресурсів.

На цій основі констатуємо, що ефективне використання підземних вод та запобігання забрудненню водних ресурсів є ключовим завданням для української влади, бізнесу та суспільства загалом. Він є складним комплексним процесом, який має ґрунтуватися на наукових даних і технологіях, застосуванні сучасних методів моніторингу, а також на участі всіх зацікавлених сторін.

З метою усунення проблеми деградації підземних вод доцільно розробити та реалізувати систему моніторингу для ефективного керування, запобіганню забрудненню та гарантування безпеки водних ресурсів. Важливість вдосконалення системи моніторингу підкреслюється не лише екологічними, а й економічними факторами. Тому, впровадження інтегрованої системи моніторингу стає актуальним завданням в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На сьогоднішній день існує велика кількість різних методів моніторингу підземних вод, вони включають використання гідрологічних моделей, датчиків, свердловин та інше.

Свердловинний метод моніторингу є найпростішим та найдоступнішим. Він полягає в установці спостережних свердловин для відбору проб та вимірювання рівня ґрунтових вод. Приклад конструкції свердловини наведено на рисунку 1. Визначення якості підземних вод та виявлення забруднення зазвичай здійснюється за допомогою хімічного аналізу зразків води. Хімічний аналіз характеризується вимірювання вмісту різних інгредієнтів, таких як іони важких металів, органічні сполуки, токсичні речовини та інші параметри. Цей метод забезпечує досить точні дані, але має ряд

Масштаб	Номер шару	Група порід по типу буріння	Геологічний вік порід	Опис порід	Геологічний розріз та конструкція свердловини	Потужність шару, м	Глибина залягання підповерх шару, м		
	2								
	4								
	6		gQlms	Суглинок бурий, щільний з галькою					
	8								
	10	III	a, f, ldn-ms	Пісок різнозернистий, із включенням гравію, гальки		9,0	9,0		
	12								
	14								
	16								
	18	2	V	Глини чорні, щільні		8,0	17,0		
	18	3				1,0	18,0		

Рисунок – 1 Конструкція свердловини на піщаний водоносний горизонт

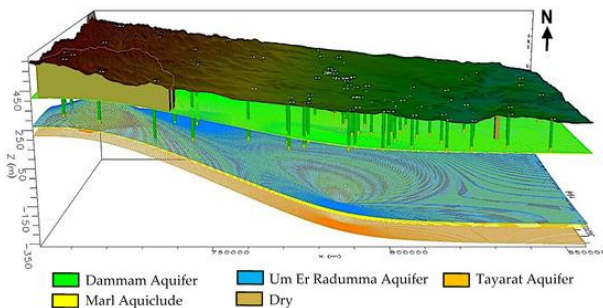


Рисунок 2 – Моделювання водоносних горизонтів

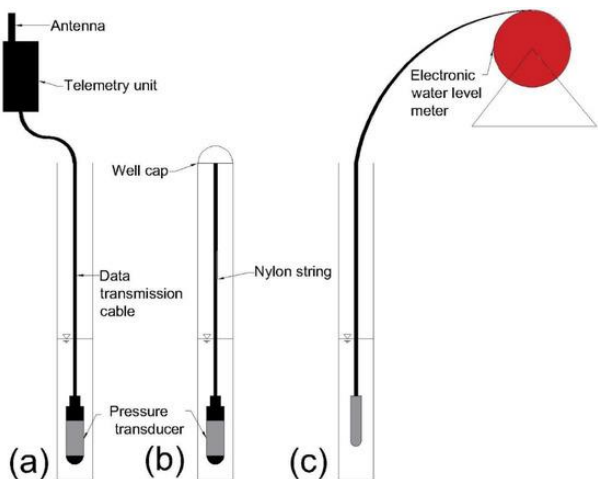


Рисунок 3 – Датчики моніторингу рівня підземних вод:

- а – датчики тиску, які залишаються розгорнутими в контрольній свердловині та передають безперервно дані за допомогою телеметрії;
- б – датчики тиску, які залишаються розгорнутими в контрольній свердловині до тих пір, поки датчик не буде вилучений для ручного зчитування даних;
- с – ручні вимірювачі рівня води, які забезпечують єдину точку даних для кожного вимірювання

недоліків, таких як високі витрати на буріння та обслуговування свердловин, фіксація наявності перевищень гранично допустимих концентрацій у воді є встановленням, що ґрунтові води вже забруднені, необхідність регулярного тестування води та обмежене просторове покриття моніторингу. Крім того, свердловини можуть бути вразливими для забруднення, оскільки вони являють собою прямий доступ до підземних вод [1].

Гідрологічні моделі є більш складними та точними методами моніторингу підземних вод. Вони ґрунтуються на математичних моделях, які використовують дані про поверхневий стік, кліматичні умови, геологічні характеристики тощо, для прогнозування змін рівня ґрунтових вод у майбутньому [2]. Гідрологічні моделі дозволяють проводити моніторинг на великих територіях та передбачати майбутні зміни, але потребують складних обчислень та великої кількості вхідних даних, що може обмежувати їх застосування в деяких регіонах. Приклад результату гідрологічного моделювання наведено на рисунку 2.

Датчики є одним із найпоширеніших інструментів для моніторингу рівня та гідростатичного тиску підземних вод (рисунку 3). Для встановлення датчиків необхідно правильно виконати облаштування свердловини в природному водоносному горизонті, індикаційний пристрій необхідно помістити у ній та обов'язково пов'язати із показником рівня. Оскільки рівень підземних вод може змінюватися з часом, доцільно регулярно знімати дані, щоб встановити тенденції та зміни [3]. Однією з переваг датчиків є те, що вони можуть забезпечити майже безперервний потік даних, що робить їх особливо корисними для тривалих програм моніторингу. Датчики також можуть надати точну та миттєву інформацію про якість води, що дозволяє швидко виявляти зміни у її фізико-хімічних параметрах та оперативно відреагувати. Однак такі датчики мають досить високу вартість і вимагають регулярного технічного обслуговування та калібрування, що може суттєво збільшити їхню вартість експлуатації [4].

Постановка завдання та його вирішення.

Незважаючи на значні зусилля, які проводяться в Україні для моніторингу підземних вод, існує низка проблем, пов'язаних із поточним станом цієї системи. Одна з основних проблем полягає у нестачі загальнонаціональної стратегії та єдиної системи управління, які б забезпечували ефективне збирання даних, аналіз та використання цієї інформації для прийняття рішень. Системи моніторингу підземних вод, які існують нині в Україні, здебільшого орієнтовані на вирішення проблем, пов'язаних з експлуатацією водозаборів, ніж на запобігання забрудненню підземних вод. Внаслідок цього відсутні або недостатньо розвинені методи моніторингу, які дозволяють вчасно виявляти та запобігати забрудненню підземних вод. Також існує проблема з обладнанням, яке використовується для збору та обробки даних. Більшість станцій моніторингу працюють на застарілому устаткуванні,

що ускладнює отримання точної та достовірної інформації. Крім того, необхідно відзначити відсутність суспільної прозорості та доступності даних щодо моніторингу підземних вод. Це може призвести до недостатньої поінформованості та відсутності участі громадськості у прийнятті рішень, пов'язаних із керуванням водними ресурсами.

Інтегрована система моніторингу підземних вод (Integrated Groundwater Monitoring System) – це комплексна система, яка поєднує різні методи та технології моніторингу для отримання повної інформації про стан підземних вод та ефективного керування ними. Вона включає наступні компоненти:

1. Гідрологічні моделі: моделювання гідрологічних процесів дозволяє оцінити динаміку підземних вод, прогнозувати їх зміни в майбутньому, а також визначити найбільш схильні до ризику зони.

2. Датчики та вимірювальні прилади, а саме: датчики рівня води, тиску і температури та вимірювальні прилади, які ведуть спостереження за якістю води, що просочується з зони аерації до зони насичення. Вони дозволяють отримувати дані в режимі реального часу про стан підземних вод та запобігти їх забрудненню.

3. Свердловини: використовуються для відбору зразків води з метою визначення їх фізико-хімічних параметрів.

4. Геоінформаційні системи (ГІС): використання ГІС дозволяє інтегрувати дані з різних джерел, створювати карти підземних вод та проводити аналіз прогнозованих змін.

5. Аналіз даних: комплексний аналіз даних, отриманих із різних джерел, дозволяє отримати більш повне розуміння стану підземних вод та ефективно керувати ними.

Інтегрована система моніторингу дозволяє проводити спостереження за станом підземних вод на регулярній основі та в режимі реального часу. Вона дає змогу отримувати більш повну та точну інформацію про стан підземних вод, виявляти місця ризику забруднення водних ресурсів та оперативно реагувати на можливі загрози. Таким чином, Інтегрована система моніторингу відіграє важливу роль в ефективному керуванні підземними водами та запобіганні забрудненню водних ресурсів.

В Україні існують державні програми та проекти, такі як «Стратегія сталого розвитку України до 2030 року» [5], «Водна стратегія України на період до 2050 року» [6], «Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на період до 2025 року» [7], «Концепція Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» [8]. Наявні мережі

спостережних свердловин, що використовуються для оцінки якості та кількості підземних вод. Має місце потужний практичний базис для ефективного оновлення структурно-функціональних систем екологічного моніторингу [9]. Існують організації, такі як Український гідрометцентр та Укргідрологія, що займаються моніторингом підземних вод та водних ресурсів. Має місце співпраця з міжнародними організаціями та партнерами, які можуть надати технічну та фінансову підтримку. Системний аналіз наведеної інформації дозволяє зазначити, що в Україні є певні можливості для застосування інтегрованої системи моніторингу.

Для успішного впровадження інтегрованої системи моніторингу підземних вод в Україні доцільно створити центр управління моніторингом для координації дій. Вважаємо, що центр має об'єднувати усі зацікавлені сторони: органи влади, наукові установи, представників бізнесу, екологічні організації тощо. Метою центру є забезпечення координації та взаємодії між усіма учасниками процесу.

При впровадженні інтегрованої системи моніторингу доцільно забезпечити професійну підготовку персоналу, який займатиметься управлінням та обслуговуванням системи моніторингу. Це включає в себе навчання в галузі геології, гідрології, метеорології, технічного обслуговування та програмування [10].

Впровадження інтегрованої системи моніторингу потребує значних інвестицій. Пропонуємо у подальших дослідженнях розробити довгострокову стратегію фінансування проекту, яка має враховувати всі можливі витрати на обладнання, навчання персоналу, утримання системи та ін. Для забезпечення фінансування проекту доцільно використовувати такі джерела:

- державний бюджет;
- міжнародні кредити та гранти;
- інвестиції приватних компаній.

Висновки.

Інтегрована система моніторингу підземних вод є необхідним інструментом для ефективного управління підземними водами та запобігання забрудненню водних ресурсів. Вона дозволяє отримувати своєчасну та точну інформацію про стан підземних вод, їх якість та кількість, а також про фактори, що впливають на стан водних ресурсів. Подальші наші дослідження в галузі моніторингу підземних вод в Україні будуть спрямовані на розробку ефективних заходів щодо управління підземними водами та захист їх від забруднення, покращення якості та точності даних, а також на розширення кордонів досліджень та розвиток міжнародного співробітництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. The evolution of process-based hydrologic models: Historical challenges and the collective quest for physical realism / Clark M. P. et al. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2017. № 21. P. 3427–3440.
2. Son K., Tague C., Hunsaker C. Effects of model spatial resolution on ecohydrologic predictions and their sensitivity to inter-annual climate variability. *Water*. 2016. № 8. P. 321.
3. Perrone D., Jasechko S. Deeper well drilling an unsustainable stopgap to groundwater depletion. *Nature Sustainability*. 2019, № 2 (8). P. 773–782.
4. Lall U., Josset L., Russo T. A Snapshot of the World's Groundwater Challenges. *Annual Review of Environment and Resources*. 2020. № 45 (1). P. 171–194.
5. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30 вер. 2019 р. № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 04.03.2023).
6. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року: Розпорядження Кабінету міністрів України від 9 груд. 2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 06.03.2023).
7. Про затвердження Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на період до 2025 року: Розпорядження Кабінету міністрів України від 21 квіт. 2021 р. № 443-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 07.03.2023).
8. Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища: Розпорядження Кабінету міністрів України від 31 груд. 2004 р. № 992-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/992-2004-%D1%80#Text> (дата звернення: 09.03.2023).
9. Бахарєв В. С., Маренич А. В. Аналітичний огляд результатів наукових досліджень з проблем моніторингу довкілля в Україні. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 5(100). С. 35–42.
10. Моніторинг станів екологічної небезпеки, що формується у техногенно навантаженому комплексі / Ригас Т. С., Харламова О. В., Безденежних Л. А., Шмандій В. М. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 5(100). Ч. 2. С. 83–88.

Hienova A., Bigdan S., Shmandiy V., Kharlamova O., Rigas T.**IMPLEMENTATION OF AN INTEGRATED MONITORING SYSTEM TO ENSURE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF WATER RESOURCES**

Groundwater pollution is a serious environmental problem in Ukraine, where groundwater is used for drinking, industrial, and agricultural purposes. Compliance with hygienic requirements for water quality is especially important during wartime, as underground water is a strategic source of drinking water for the population. Therefore, effective groundwater monitoring and management are crucial for ensuring Ukraine's ecological safety. To address water pollution, continuous monitoring of water quality is necessary, especially near industrial facilities and landfills for solid household waste.

However, the existing monitoring systems in Ukraine are not always effective, and complete and accurate information about the state of groundwater is not always available. To effectively manage water resources, it is necessary to consider the possibility of creating an integrated monitoring system that combines various methods and technologies to obtain more complete information about the state of water resources and manage them effectively. An overview of the problem of groundwater pollution in Ukraine was conducted, and the existing methods of groundwater monitoring were analyzed, with their advantages and disadvantages established. The current state of groundwater monitoring in Ukraine was also considered. A brief description of the Integrated Groundwater Monitoring System was presented, and its role in effective groundwater management and the prevention of water pollution was discussed. The possibility of using the Integrated Monitoring System in Ukraine was also considered. It was proposed to use monitoring sensors that measure the parameters of water seeping from the aeration zone to the saturation zone in real-time mode. In conclusion, the role of the Integrated Groundwater Monitoring System in solving the problem of water pollution was emphasized, and recommendations were made for its implementation in practice. Further prospects for research in the field of groundwater monitoring in Ukraine were also outlined.

Key words: groundwater management, monitoring, integrated systems, ecological safety.

REFERENCES

1. Clark, M. P., Bierkens, M. F., Samaniego L., Woods, R. A., Uijlenhoet, R., Bennett, K. E., Pauwels, V. R., Cai, X., Wood, A. W., & Peters-Lidard, C. D. (2017). The evolution of process-based hydrologic models: Historical challenges and the collective quest for physical realism. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 3427–3440.
2. Son, K., Tague, C., & Hunsaker, C. (2016). Effects of model spatial resolution on ecohydrologic predictions and their sensitivity to inter-annual climate variability. *Water*, 8, 321.
3. Perrone, D., & Jasechko, S. (2019). Deeper well drilling an unsustainable stopgap to groundwater depletion. *Nature Sustainability*, 2 (8), 773–782.
4. Lall, U., Josset, L., & Russo, T. (2020). A Snapshot of the World's Groundwater Challenges. *Annual Review of Environment and Resources*, 45 (1), 171–194.
5. *Pro Cili stalogo rozvytku Ukrai'ny na period do 2030 roku [On the sustainable development goals of Ukraine until 2030]*, 722/2019 Decree of the President of Ukraine (2019). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (access date 04.03.2023). [in Ukrainian].
6. *Pro shvalennja Vodnoi' strategii' Ukrai'ny na period do 2050 roku [On approval of the Water Strategy of Ukraine for the period up to 2050]*, 1134-r Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2022). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (access date 06.03.2023). [in Ukrainian].
7. *Pro zatverdzhennja Nacional'nogo planu dij z ohorony navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovyshha na period do 2025 roku [On approval of the National Action Plan for Environmental Protection for the period up to 2025]*, 443-r Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-2021-%D1%80#Text> (access date 07.03.2023). [in Ukrainian].
8. *Pro shvalennja Konceptii' Derzhavnoi' programy provedennja monitoryngu navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovyshha [On approval of the Concept of the State Program for Environmental Monitoring]*, 992-r Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2004). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/992-2004-%D1%80#Text> (access date 09.03.2023). [in Ukrainian].
9. Baharjev, V. S., & Marenich, A. V. (2016). Analytichnyj ogljad rezul'tativ naukovykh doslidzhen' z problem monitoryngu dovkillja v Ukrai'ni [Analytical review of the results of scientific research on environmental monitoring in Ukraine]. *Visnyk KrNU imeni Myhajla Ostrograds'kogo*, 5(100), 35–42. [in Ukrainian].
10. Rygas, T. Je., Harlamova, O. V., Bezdenjezhnyh, L. A., & Shmandij, V. M. (2016). Monitoryng staniv ekologichnoi' nebezpeky, shho formujet'sja u tehnogenno navantazhenomu kompleksi [Monitoring of environmental hazards formed in technogenically loaded complex] *Visnyk KrNU imeni Myhajla Ostrograds'kogo*, 5(100), 2, 83–88. [in Ukrainian].